www.radio.ru



АУДИО•ВИДЕО•СВЯЗЬ•ЭЛЕКТРОНИКА•КОМПЬЮТЕРЫ

9 Мая — День Победы в Великой Отечественной войне

7 мая — День Радио

Модернизируем "Маяк"



ISSN-0033-765X
9 770033 765009
22005

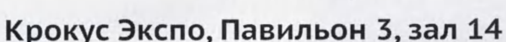


- Микросборка УМЗЧ
- Селективный частотомер
- Телефонная трубка для смартфона
- Управляем давлением в котле

...и ещё 12 конструкций

5
2022





12–14 апреля 2022
Крокус Экспо, Павильон 3, зал 14



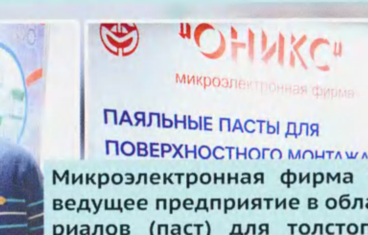
Начальник отдела сбыта "Бобровского изоляционного завода" Максим Пичугин с нашим журналом возле стенда с фольгированным стеклотекстолитом — качественой продукцией завода.

Ведущий специалист ОАО "Витебский завод радиодеталей "Монолит" Альберт Раскин рассказывает о продукции предприятия.





ОАО "Витебский завод радиодеталей "Монолит" — крупнейший на территории СНГ производитель керамических конденсаторов категорий качества "ВП", "ОС", "ОСМ", "ОТК".



Микроэлектронная фирма "Оникс" — ведущее предприятие в области материалов (паст) для толстоплёночной технологии и создания изделий и технологий на основе новых материалов.



Менеджер ООО "МЭФ "ОНИКС" Александр Гусев знакомится с нашим журналом.

На стенде АО "НПП "Завод Искра", который является одним из ведущих производителей и поставщиков элементной базы для предприятий-изготовителей радиоэлектронной аппаратуры, вычислительной техники, средств связи и аппаратуры специального назначения.



Руководитель коммерческого отдела компании "ТЕХНОТЕХ" Константин Пуденков отвечает на вопросы посетителя выставки. Современные технологические решения компании, постоянная модернизация и оптимизация процессов позволяют производить печатные платы 7-го класса точности.



Генеральный директор Олег Машинин с нашим журналом на стенде ООО "БУТИС". Коллектив специалистов ООО "БУТИС" обладает более чем 30-летним опытом разработки и серийного производства фильтров на поверхностных акустических волнах (ПАВ) гражданского и оборонного назначения.

В НОМЕРЕ:

На нашей обложке. Магнитофон-приставка "Маяк-232 стерео" (см. статью на с. 27).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

ПРОСТОЕ ФОТОРЕЛЕ
УЗ-ДАТЧИК ДВИЖЕНИЯ
ГИБРИДНЫЙ СЧ-ВЧ УМЗЧ
АВТОМОБИЛЬНЫЙ MP3-ПЛЕЙЕР

Тираж журнала «Радио» № 4 сдан для рассылки подписчикам 05.04.2022 г.



"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18.
E-mail: **ref@radio.ru**
Приём статей — e-mail: **mail@radio.ru**
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 25.04.2022 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 01616-22.

Старое не забывается

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

Так уж случилось, что текущая международная ситуация во многом повторяет то, что уже наблюдалось однажды в 2014 г. после известных событий в Крыму. В марте 2014 г. по просьбе аналитической и исследовательско-консалтинговой компании J'son & Partners Consulting автором была написана приведённая ниже статья с некоторыми прогнозами на обозримое будущее [1]. Скажем сразу, всё написанное не является плодом каких-то гениальных догадок, а просто результатом несложных логических размышлений, к которым может прийти каждый интересующийся рынком инфокоммуникационных технологий (ИКТ). Поскольку затронутые в статье вопросы, как представляется, не потеряли актуальности и сегодня, они должны быть интересны и читателям журнала в 2022 г. Итак:

Несколько штрихов к взаимной корреляции международных экономических санкций и инфокоммуникационного развития РФ

Дипломатия — это искусство говорить "хоро-о-ошая собачка", пока не найдёшь камень поувесистей.

Не будем вдаваться в причины и подробности, но в настоящее время для РФ существуют угрозы введения против неё различных санкций. Как известно, любые санкции вредят, прежде всего, экономике, а в современную экономику очень тесно вплетены и ИКТ. Поэтому любые санкции так или иначе "аукнутся" на ИКТ-фронте, а часть этих санкций может коснуться ограничения международного ИКТ-сотрудничества. В свете последних разоблачений Эдварда Сноудена какие-то риски по части проблем информационной безопасности ожидаемы всегда. Даже в самое безоблачное (не в смысле последних достижений ИКТ) и безмятежное (не в смысле революции) время. Таким образом, сегодняшняя нестабильность даёт возможность проанализировать как наши сильные стороны, так и уязвимости по части ИКТ. И интересно, что во всех случаях инициаторы санкций в этом случае теряют больше, чем приобретают.

Люди вправе задавать вопросы, и мы попробуем промоделировать некоторые ответы на них, в зависимости от возможных ситуаций и доступных разуму предположений. В целом же теоретически возможны несколько сценариев ИКТ-блокады, и для достижения наибольшего драматиче-

ского эффекта, очевидно, стоит начать с наихудшего.

Нам заблокировали всё, что можно, а мы не только живы, но и крепчаем

Итак, давайте предположим (как бы это ни было трудно представить), что нам перестали поставлять оборудование, технологии, элементную базу, ПО, а также прекратили обучение специалистов. Поставлены барьеры для оказания интернет-услуг и доставки приложений "оттуда", разорваны соглашения о международном роуминге и присоединении сетей, и даже зарубежные спутники изменили свои диаграммы направленности так, чтобы не "цеплять" территорию нашей страны своим ТВ-вещанием и интернет-каналами. Оценим эту гипотетическую ситуацию.

Она, скажем прямо, непроста, и в значительной степени виноваты в ней мы сами. В нескольких словах её можно охарактеризовать так: самые современные сети связи есть, а отрасли нет. Это означает, что всё сетевое оборудование, включая коммутаторы, маршрутизаторы, базовые станции, серверы доступа, сервисные платформы, контроллеры и многое другое, является продукцией зарубежного производства, преимущественно семи или восьми крупнейших мировых производителей, имена которых хорошо известны. Аналогичная ситуация и с абонентским оборудованием. Если где-то и используется отечественное, то элементная начинка, по большей части, импортная — от резисторов до процессоров, не говоря уже о ПО. Подобная ситуация прослеживается и в части ПК, телевизоров, мобильных гаджетов и пр., которые либо полностью иностранные, либо собираются на нашей территории из импортных компонентов. Что касается операционных систем или систем хранения данных, на которых существует вся "цифровая вселенная", то ныне это также полностью не наша программная продукция.

Все производители одновременно станут отечественными или, точнее, останутся только последние. Но с учётом вышесказанного сетям связи это мало чем поможет. К тому же процесс сертификации оборудования на соответствие заявленным ТУ не связан с выявлением различных особенностей конструкции или ПО, а это означает наличие рисков того, что однажды всё, составляющее основу сетей связи, по внешнему сигналу, звонку, IP-пакет, может превратиться в "тыкву". Ах да, как же поступит этот внешний сигнал, если всю внешнюю связь отрубят? Не стоит строить иллюзий — люди, которые всё это придумывают, вряд ли не продумали и всё остальное (есть военные спутники и GPS-спутники, наконец). Другое дело, что разом всё обрушить всё равно не удастся из-за наличия сплошь и рядом мультивендорных сетей, да и вряд ли в таких случаях преследуются цели глобальной диструкции, ведь заинтересованным лицам гораздо важнее организовать несанкционированный доступ к проходящему трафику, чем его просто обрушить. Справедливости ради следует заметить, что это не чисто отечественная специфика, поскольку аналогичные риски могут существовать и в других странах. Достаточно вспомнить недавнее выдавливание оборудования китайских производителей из Северной Америки и Австралии именно по этим причинам (хотя наличия нечестной конкуренции тоже никто не отменял).

Что касается интернет-приложений и сервисов, то, пожалуй, убрать их можно, только "обрубив" каналы связи. Но Интернет всегда ищет обходные маршруты даже при малейшем намёке на повреждение, так что рубить придётся всё, вплоть до спутниковых каналов, а это маловероятно и трудноисполнимо. Впрочем, если всё зарубежное "отрубить", то отечественный сегмент в любом случае останется работоспособным (автор как-то консультировался на этот счёт в Координационном центре), зато придётся сделать так, чтобы чисто отечественный трафик (т. е. РФ—РФ) проходил исключительно внутри страны, что могут только приветствовать и регуляторы, и спецслужбы. Популярный в последнее время в определённых кругах зарубежный хостинг станет бессмысленным, а место Google с огромным удовольствием займёт Яндекс. Следует также иметь в виду, что мир ИТ многообразен, и вся вдруг возникшая пустота будет быстро заполнена отечественными сервисами и приложениями.

Американской Apple придётся просто уйти по-английски — ведь все приложения рассылает она сама. Да, не будет бесплатных приложений Windows, но можно предположить, что с небольшой задержкой наш народ наладит их передачу "карманной тягой" через коллег во всём мире. Что же касается Android, то это открытая ОС, использующаяся огромным числом гаджетов российских пользователей. Ну, а блокировка зарубежными платёжными системами банковских электронных карт закономерно приведёт к созданию аналогичной отечественной системы с соответствующим процессинговым центром.

Отлучение от зарубежных ТВ-каналов разовьёт интерес к отечественному ТВ и кинематографу. Появится шанс кардинально улучшить контентную составляющую нашего телевидения, и если был бы жив вождь мирового пролетариата, он бы обязательно написал статью на злобу дня — "Партийная организация и партийный контент".

Закрытие международного роуминга принесёт некоторые неудобства путешественникам, но покупка местных SIM-карт позволит им даже сэкономить в зарубежных поездках. Стандарты-то мобильной связи у нас теперь международные.

Будет, конечно, "большое горе" у любителей чуждых нам социальных сетей (т. е. тех, что не ВКонтакте), и мы уже не узнаем из Твиттера, как, к примеру, бурчало вчера в животе у очередной "звезды" или какая мысль вдруг проскочила у "сами знаете кого". (Турция, кстати, сама решила избавиться от Твиттера). Нам станет решительно безразлична покупка Фейсбуком WhatsApp'a, и WhatsApp теперь никогда не покусится на SMS наших мобильных операторов, а будет и впредь опустошать доходы их коллег из других стран. Конечно, будет обидно, что негде разместить своё эго вместе со свежими фотографиями любимых ликов. И с лайками тоже придётся попрощаться. Зато откроется ниша для аналогичных отечественных продуктов, и, вероятно, появится обновлённый СССР (Союз Социальных Сетей России), достойное место в котором обязательно займёт какой-нибудь навсегда защищённый от хакеров наш российский ЭФЭСБук.

Ну, а что касается противодействию вирусам и прочим киберугрозам национальной безопасности, то в этом мы по-прежнему сильны. И если "отрубить" зарубежные каналы, то в части творцов разного рода перед ФСБ, ФСО, МВД и Касперским останутся только свои, и им в этом случае уж точно не позавидуешь.

Ура! Наконец-то нас заблокировали!

Развитие и поддержка сетей связи на современном уровне станут невозможны. Но не спешите отчаиваться. Это про настоящих генералов подчас говорят, что они, как правило, готовятся к прошлой войне. В отличие от них, ИКТ-генералы свои стратегии строят не на военных действиях, а на существующем рынке. Собственно, в том, что в РФ за 20 лет практически исчезла отечественная ИКТ-отрасль, их прямой вины нет. Для этого в государстве существуют разного рода регуляторы. В какой-то момент сообщество этих регуляторов решило, что для ИКТ "мы всё купим", и производить своего ничего не надо (вообще-то любая творческая и производственная деятельность — весьма хлопотное занятие), не подумав, собственно, что будет, если однажды источник будет перекрыт? Живём-то хоть и в глобальном мире, но по-прежнему во враждебном окружении... Как долго всё это будет продолжаться?

После одной из последних аварий с запуском спутников наш ВПК в лице профильного вице-премьера всерьёз обеспокоился, что чипы надо бы самим производить, дабы реально представлять реальную космическую, экономическую или военную силу на мировой арене. К примеру, разве страны НАТО заинтересованы в развитии системы ГЛОНАСС, если она для них, прежде всего, едва ли основа для высокоточного оружия? Скорее, наоборот. И с этим трудно не согласиться, и об этом уже десятилетиями говорят отечественные специалисты. А ведь 20 лет назад в стране производилось всё необходимое оборудование.

Как говорится, лучше поздно..., да "несчастье помогло". В условиях тотальной блокады придётся-таки развивать отечественное производство и написать-таки хоть какую-то отечественную ОС. И все мысли о Родине сами повернутся в эту сторону у тех, кто напрямую должен этим заниматься. Серьёзные угрозы, знаете, объединяют. Вот и ИТ-директоры российской обо-



ронки недавно пришли к выводу о необходимости импортозамещения.

Не секрет, что даже в самые лучшие (тогда ещё советские) времена мы отставали по части элементной базы и измерительной аппаратуры, благодаря чему, кстати, воспитали самых изобретательных инженеров-разработчиков, которым приходилось получать выдающиеся технические характеристики на не очень-то выдающихся деталях за счёт уникальных схемных решений или математики (сегодня многие из этих специалистов "разлетелись" по миру). И никакой КОКОМ, о котором недавно вспоминал президент РФ в своей речи, посвящённой Крыму, этому так и не помешал (народ хоть из Пентагона что-нибудь вынесет и через пять стран продаст кому надо). Однако текущая проблема состоит не в этом, а в том, что сегодня, получив документацию на какие-нибудь последние кремниевые изделия по технологии 16...20 нм, мы можем разве что скопировать её на флешку или на бумажку, но не превратить в работающий чип. Оборудование, конечно, и у нас кое-какое для этого закуплено, и даже есть чистые комнаты, но всё это отстаёт на несколько поколений. И дело не только в ИКТ, а просто в отношении к науке и в стратегическом государственном подходе. Каким он мог бы быть, если поднимать всю научно-экономическую мощь страны, лучше всего рассмотреть на свежем примере Китая.

Лестница в небеса из Поднебесной

Современное финансирование науки в Китае ведётся как со стороны государства, так и со стороны негосударственных организаций, таких как, к примеру, NNSFC (National Science Foundation of China). Каких-то 30 лет назад в Китае (в отличие от нас) не было развитой индустрии, в том числе и в области связи. Сегодня мы практически поменялись ролями, и тому есть причины. Во-первых, уже десять лет назад уровень финансирования науки и инноваций в Китае составлял 1,5 % от ВВП. А во-вторых, 30 лет назад в Китае стартовала Генеральная программа развития науки и технологий, и она стала крупнейшей в истории этой страны — в ней были задействованы десятки тысяч исследователей из более 1000 научных институтов.

Люди, задумавшие покорить мир, серьёзно призадумались, что для этого надо делать. Стали внимательно изучать различные направления деятельности, и тут, к великому огорчению, выяснилось, что развивать надо очень и очень многое, потому что, устроив себе блокаду для всего заграничного и практически уничтожив всех учёных и учителей, отстали очень сильно и по всем направлениям. А ведь без одного не будет и другого. В результате серьёзных раздумий множества привлечённых специалистов о будущем техническом потенциале страны и появилась указанная Программа, которая дала старт нескольким подпрограммам:

— национальная программа "Восхождение" — развитие ключевых проектов научных исследований в разных областях (семь фундаментальных и восемь прикладных): математике, физике, химии, механике, астрономии, географии, биологии, энергетике, новых материалах, информатике, агрономии, медицине, ресурсах окружающей среды, космических науках. Финансирование — из госбюджета, старт в 1991 г.;

— кодовое название Государственной программы развития высоких технологий, утверждённой в марте 1986 г., — "863". В качестве приоритетных направлений развития наукоёмких отраслей в ней были определены микроэлектроника и информатика, телекоммуникации, аэрокосмическая, оптико-волоконная, генная инженерия и биотехнологии, энергосберегающие технологии, природоохранная техника, медицинское оборудование. Одним из направлений программы было создание иннноградов для стимулирования высокотехнологичных производств и продвижения продукции на рынок, привлечение в страну зарубежных инвестиций и передовых технологий, создание благоприятных условий для коммерциализации научно-технических достижений;

— программа развития фундаментальных научных исследований с кодом "973" начала реализовываться в 1998 г. в агрономии, энергетике, информатике, освоении природных ресурсов, демографии, здравоохранении;

— программа "Искра", запущенная в 1986 г., предусматривала популяризацию науки и техники в сельских районах Китая;

— программа "Факел" запущена в 1988 г. и является наиболее важной программой по развитию научно-технического потенциала Китая, ориентированной на коммерциализацию наукоёмких технологий на основе технологических и индустриальных парков (в 1992 г. Госсовет КНР утвердил создание сразу 53 иннноградов);

— программа "Посев" реализуется с 1990 г. и направлена на распространение и внедрение зрелых научно-технических достижений с целью создания крепких связей между наукой и экономикой;

— научно-техническая программа социального развития стартовала в 1996 г. Цель программы — улучшение качества жизни, а также повышение уровня культуры и образования широких масс населения;

— программа "Ключевые лаборатории" была запущена в 1984 г. и предусматривала строительство зданий и сооружений для научных исследований и разработок с целью привлечения к работе высококвалифицированного научно-технического персонала. К 2003 г., когда программа была успешно завершена, было создано 153 лаборатории высокого уровня, а общие инвестиции в программу составили около 175 млн долл. В отличие от Китая, сегодня в наших уже бывших научных и производственных зданиях размещается всё что угодно, от бизнес-центров и оптовых баз до складов и общежитий.

Как видим, китайцы подошли к вопросу комплексно, и уже к концу XX—началу XXI века они производили разнообразное оборудование связи, в том числе практически и всю его начинку, включая различные чипы и даже процессоры. Для того чтобы получить в своё распоряжение передовые технологии, были организованы особые экономические зоны, в которых было очень выгодно работать зарубежным производителям (поскольку для большого бизнеса границ не существует, а политика, как известно, это концентрированная экономика). Параллельно китайские специалисты строили своё производство и учились производить абсолютно всё. Не секрет, что отраслевая наука зарождается только там, где есть мощное конкурентоспособное производство и стремление обладать знаниями. Ибо, как только вы начинаете заниматься развитием производства, кто-то должен начать питать его идеями и заниматься разработками. Если перед вами стоит задача создать индустрию, значит, и стратегия также должна быть индустриальной.

Есть, правда, во всём вышеприведённом одна особенность. Китайская индустрия действовала так — специалисты сначала копировали интересующие их зарубежные образцы, а затем совершенствовали их (отмечу, что сегодня копируют уже у самих китайцев).

Однако подобный метод можно отнести к научно-техническому прогрессу лишь в сравнении, скажем, с папуасами, копировавшими американские самолёты, строя их из бамбука. Если же говорить об обеспечении настоящей национальной конкурентоспособности, то технологии отвёрточной сборки и воспроизведения оборудования из позаимствованных копий явно недостаточно.

Если в барьере осталась "дырка"...

В общем, учитывая вышесказанное, стимул для развития национального ИКТ-производства был бы колоссальный. Но вряд ли он был бы использован на 100 %, потому что глобальной блокады, скорее всего, так и не случится. Она попросту никому не выгодна. Скорее всего, мы так и будем продолжать закупать всё необходимое, потому что в стране и других проблем не перечесть. При этом пока на Западе муссируют вопросы санкций, Восток (и, прежде всего, Китай) помалкивает, и неспроста. Остающаяся для него в экономическом заслоне "дырочка" сулит много положительных моментов (в том числе и в части ИКТ-отрасли), о которых ранее можно было лишь мечтать. И мы не зря привели пример Китая.

Старинная китайская стратегия состоит либо в том, чтобы, сидя на дереве, как мудрая обезьяна, ждать, когда тигры передерутся, либо, сидя на берегу, спокойно дожидаться, когда тела твоих врагов поплывут мимо по реке. Ну, а когда такие брутальные рыночные конкуренты, толпясь и толкаясь на берегу, сами торопливо "надевают белые тапочки" и бросаются в воду — что может быть лучше этой картины? Воистину, брутальный персонаж не падает — он атакует пол.

Таким образом, огромный поток оборудования китайского (и не только китайского) производства только и дожидается каких-нибудь соответствующих санкций к РФ со стороны Запада. Ну, а что касается смартфонов или планшетов, то от санкций, скорее всего, первым пострадает опять же американский Apple, а его место займёт китайская и корейская продукция не только со своими смартфонами, но также с копиями тех же iPhon'ов и iPad'ов. Не стоит забывать, что производство практически всех гаджетов расположено в Китае.

Компания ABI Research, кстати, оценила прошлогоднюю долю китайских производителей на мировом рынке в 38 % от общего объёма продаж мобильных трубок в мире. Согласно прогнозам, поставки из Китая, похоже, превысят 50 %, причём в немалой степени за счёт недорогих смартфонов. В десятку крупнейших производителей, с точки зрения рыночной доли, входят уже пять компаний из Китая, а внутренний рынок этой страны отнюдь не безграничен. Молодые бренды, такие как Oppo, Xiaomi, TCL, вскоре сравнятся по популярности с HTC или LG. И тут ещё очень кстати Lenovo прикупила Motorola Mobility, а бренд Alcatel давно принадлежит китайской компании.

Чисто глобальное самоубийство

Недавно Financial Times сообщила о том, что американские чиновники могут, по аналогии с иранскими банками, отключить и российские банки от системы SWIFT (Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunication) для обмена информацией о межбанковских расчётах, что, мол, не позволит совершать международные финансовые операции. Однако эксперты (их опрос проводил CNews) не особо верят в это, потому что это никому не выгодно, ни самой SWIFT (чья штаб-квартира, кстати, находится не в США, а в Бельгии), ни крупным западным корпорациям, работающим в России, которые лишатся возможности выводить отсюда финансы. Ну, а если всё и случится, банки смогут перебросить деньги на другие корсчета и работать в других межбанковских системах (TARGET, SEPA и др.). В общем, какую ниточку ни обрубі, ещё не известно, какая сторона пострадает больше. Воистину, действие равно противодействию. Третий закон Ньютона работает в чистом виде. Зря что ли глобализацию насаждали?

Теперь, когда с этой глобализацией увязли в конвергенции всё и вся, рубить каналы становится невыгодным. Бизнес этого не любит, а уж транснациональный бизнес и подавно. И самое главное — АНБ США попросту нечем будет заняться. Им-то как раз выгодно, чтобы на наших сетях стояло побольше не нашего, а сети были бы доступны для не наших товарищей. А то придётся засылать агентуру с соответствующей аппаратурой, как полвека назад, но где теперь найти контингент для возрождения шпионских страстей? Народ-то благодаря достижениям ИКТ вконец разленился, а спутники-шпионы имеют свои технологические ограничения. Так что, скорее всего, ничего не обрубят, а наоборот, будут развивать связь хотя бы во имя продолжения кибервойн, которые на самом деле идут уже давно. А если и будут какие-то локальные ограничения, то мы ведь ещё и нашу почту можем развить, так сказать, на страх агрессору.

Вывод из вышесказанного может быть один — введением санкций можно как спровоцировать объект этих санкций на становление и развитие собственной ИКТ-отрасли (как говорится, давно пора), так и просто ударить "себе под дых". А это мало кому интересно. Завершить сей экскурс с уклоном в гипотетические ИКТ-санкции можно, процитировав плакат, установленный на автостраде при въезде в один маленький городок: "Местные столбы наносят повреждения автомобилям только в порядке самообороны". Вот так-то...

Что можно добавить к сказанному выше в 2014 г. из дня сегодняшнего?

Указанные риски никуда не делись и даже усилились, однако и реакция на них стала более оперативной. Работы по импортозамещению "железа" и ПО действительно активизировались. Что касается науки, то вот какие документы появились совсем недавно:

Общественный комитет по правам человека обратился к Президенту и Директору ФСБ с открытым обращением возбудить уголовное дело по статье 275 "Государственная измена" Уголовного кодекса Российской Федерации против "неопределённого круга лиц", внедривших в качестве условия для выделения финансирования на научные исследования наличие публикаций в журналах из баз данных Scopus и Web of science [2]. Начиная с 2012 г. получить деньги на науку без таких публикаций действительно стало невозможно. А стоимость размещения научной статьи в пуле таких журналов стоило огромных денег — от 200 тысяч рублей и более. Порядок присуждения учёных степеней также был ориентирован на наличие у соискателя публикаций в указанных изданиях.

Однако критичным стало даже не это. В частности, журналы Scopus и Web of science устанавливали для научных статей важный критерий: их результаты, чтобы быть напечатанными, были обязаны содержать в себе критику действующей политической системы России или указывать на её несостоятельность. Отменить это правило не могли никакие деньги, и десять лет наши учёные обязаны были выпускать работы против своей страны, чтобы вуз смог получить деньги от государства. При всём этом для российских журналов создавались невыполнимые условия вхождения в указанные базы данных.

Иначе говоря, владельцы Scopus и Web of science из англосаксонских стран фактически владели российской наукой и зарабатывали на ней огромные деньги (по разным оценкам, от миллиарда долларов в год). За десять лет система высшего образования в России привыкла ругать своё государство за бюджетный счёт, и антироссийская риторика внутри вузовского сообщества стала обычным делом. Без обозначенных публикаций невозможен был и карьерный рост внутри вуза — получить новую квалификацию без публикаций в англосаксских базах сегодня невозможно по закону.

Интересно, что французы, немцы, итальянцы и упомянутые выше китайцы, а также многие другие категорически отказались от подобной системы, осознавая её потенциальные риски. В открытом обращении не указаны авторы, принимавшие решение о её введении, однако есть просьба провести расследование деятельности российских представителей организаций, контролирующих указанные индексы. Возможно, грядут перемены...

ЛИТЕРАТУРА

1. **Голышко А.** Несколько штрихов к взаимной корреляции международных экономических санкций и развития ИКТ РФ. — URL: **https://json.tv/ict_telecom_analytics_view/neckolko-shtrihov-k-vzaimnoy-korrelyatsii-mejdunarodnyh-ekonomicheskih-sanktsiy-i-razvitiya-ikt-rf** (12.03.22).

2. Scopus, Web of Science вне закона? — URL: **https://russian-arctic.info/info/articles/novosti/scopus-web-of-science-vne-zakona-/** (12.03.22).

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк

РОССИЯ

МОСКВА. 23 февраля 2022 г. на частоте 71,3 МГц произведено единоразовое включение эфира радиостанции "Пи FM". Радиостанцию можно было услышать на этой частоте вплоть до 23:59 этого дня. Последний раз она выходила в эфир 03.09.2021 г. Вещание с Останкино, мощность передатчика — 1 кВт, режим — стерео.

На бывшей частоте 91,2 МГц радиостанции "Эхо Москвы" 9 марта начало вещание радио Sputnik. Радио Sputnik уже несколько лет — абсолютный лидер по цитируемости среди всех радиостанций России, и выход на УКВ в Москве, Санкт-Птербурге и других городах — это логичный шаг (источник — URL: **https://www.rbc.ru/technology_and_media/08/03/2022/622734fe9a7947fff42194ef?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop** (30.03.22)).

В России хотят создать совместную с финнами радиостанцию. Россия выйдет в Арктический совет с инициативой создания нового интернационального радиовещания на языках коренных народов севера. Об этом сообщает Yle со ссылкой на члена Полярной комиссии Русского географического общества Андрея Брыксенкова (РГГМУ). Проект будет рассмотрен странами-участницами совета в мае. Предполагается, что радио коренных народов не будет коммерческим. У проекта нет финансирования. Брыксенков заявляет, что такой проект вряд ли будет работать за счёт рекламы, поэтому для него ищут инвесторов среди крупных российских компаний, которые добывают в арктических регионах нефть, газ и минералы. По правилам Арктического совета проект должна поддержать как минимум ещё одна страна-участница (всего их восемь). Россия рассчитывает на поддержку Финляндии и Норвегии, где уже существуют радиостанции на саамском языке. Пилотное вещание планируется организовать именно в этих трёх странах. "Один передатчик в Красноярске может покрыть 80 % российского Севера. В Норвегии есть такой передатчик, который покрывает территорию Скандинавии. Ещё два передатчика находятся на Аляске", — рассказал ТАСС Андрей Брыксенков. Сначала вещание будет вестись на коротких волнах, "поскольку оно покрывает наибольшие территории и наименее затратное", а впоследствии перейдёт также на средние и длинные волны. Таким образом, на одной частоте будут 3—4 программы. Одна из них — на русском и английском языках, остальные — на языках коренных народов Арктики (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__82385/?utm_source=feedburner&utm_medium=email** (30.03.22)).

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

АСТРАХАНСКАЯ ОБЛ. "Радио Дача" зазвучало в г. Ахтубинске на частоте 96,3 МГц.

КОСТРОМСКАЯ ОБЛ. 1 марта 2022 г. на частоте 89,7 МГц радиостанция Like FM начала вещание в Костроме, в одном из старейших городов Золотого Кольца России (источник — URL: **https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/24593** (30.03.22)). Также в Костроме на частоте 105,8 МГц началось вещание радиостанции "Маруся ФМ" (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?w=wall-62613163_18423** (30.03.22)).

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. "Русское Радио" продолжает расширять зону вещания. 1 марта радиостанция зазвучала в г. Выборге на частоте 97,1 МГц (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__82545/** (30.03.22)).

МАГАДАНСКАЯ ОБЛ. Началось вещание Радио ENERGY в Магадане — самом молодом областном центре Дальнего Востока и Дальневосточного ФО. Теперь в городе, который также называют сердцем Золотой Колымы, на частоте 89,7 МГц для них работает это радио (источник — URL: **https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/24694** (30.03.22)).

ПЕРМСКИЙ КРАЙ. В г. Добрянке на частоте 94,4 МГц началось вещание радиостанции "Соль FM" (источник — URL: **https://vk.com/solfm** (30.03.22)).

САРАТОВСКАЯ ОБЛ. 10 марта директор филиала РТРС "Саратовский ОРТПЦ" Сергей Якушев дал интервью корреспонденту ГТРК "Саратов" о развитии сети УКВ-вещания в регионе и модернизации радиостанций, входящих в холдинг ВГТРК: "Радио России", "Вести FM" и "Маяк". Сергей Якушев рассказал о проведённой специалистами филиала работе, в результате которой радио стало доступнее для жителей области. Охват населения области радиостанциями ВГТРК с программами ГТРК "Саратов" составляет: "Радио России" — 84,5 %; "Маяк" — 64,4 %; "Вести FM" — 51,7 %. В 2021 г. были заменены передатчики "Радио России" на станциях в посёлке Пинеровка (Балашовский район), г. Ершове, селе Перелюбе. Установлены новые УКВ-передатчики "Радио России" в городах Ртищево, Пугачёве и Хвалынске. С июля 2021 г. на радиотелевизионной передающей станции "Саратов" переведены на вещание в УКВ-диапазон CCIR (87,5...108 МГц) радиостанции "Маяк" и "Радио России", осуществлён запуск вещания "Вести FM". В ходе интервью директор филиала РТРС пояснил, в чём преимущество УКВ-диапазона и почему возникла потребность в переходе вещания с УКВ-диапазона OIRT (65,9...74 МГц) в УКВ-диапазон CCIR, ответил на вопросы радиослушателей (источник — URL: **https://saratov.rtrs.ru/prof/rtrs-region/newspaper/direktor-saratovskogo-filiala-rtrs-sergey-yakushev-dal-intervyu-gtrk-saratov/** (30.03.22)).

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ. Радио Sputnik — на частоте 91,5 МГц в г. Санкт-Петербурге. 9 марта 2022 г. в 04:00 радиостанция начала работу на частоте радиостанции "Эхо Москвы". В Северной столице вещание идёт в режиме стерео, без RDS.

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. 28 февраля филиал РТРС "Свердловский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Воскресение" в г. Реже. Программы радиостанции доступны на частоте 93,1 МГц. Мощность передатчика — 100 Вт (источник — URL: **https://ekburg.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radiostantsii-voskresenie-v-rezhe/** (30.03.22)).

1 марта филиал РТРС "Свердловский ОРТПЦ" приступил к трансляции радиостанции "Радио России" в г. Новоуральске. Мощность передатчика — 100 Вт, высота подвеса передающей антенны — 53 м. Трансляция радиопрограммы ведётся на частоте 99,8 МГц ежедневно с 02:00 до 22:00 (источник — URL: **https://ekburg.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radiostantsiy-radio-rossii-v-nizhnikh-sergakh-i-voskresenie-v-severoura/** (30.03.22)).

Бывшая команда радиостанции "Эхо Москвы в Екатеринбурге", ранее отключённая от эфира по решению Генпрокуратуры РФ, возобновит свою работу под новым названием — "Радио 91,4 ФМ" (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?w=wall-62613163_18422** (30.03.22)).

ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ. Радиостанция Record начала вещание в Комсомольске-на-Амуре на частоте 91,9 МГц. Право на наземное вещание компания получила в апреле 2021 г. Совместно с ней конкурс на частоту 99,5 МГц выиграла радиостанция LIKE FM, которая скоро также начнёт вещать в Комсомольске.

ПРОВОДНОЕ ВЕЩАНИЕ

В Иркутске и некоторых городах Прибайкалья в ближайшее время может быть ликвидировано проводное радиовещание. Без единственного доступного СМИ останутся пожилые люди, которые не могут выйти из дома. А в случае блокировки беспроводного радио регион останется без доступного средства оповещения о ЧС, — сообщило 5 марта ИА "Телеинформ" со ссылкой на Иркутский радиоканал. Коллектив радиоканала обратился с открытым письмом к губернатору Иркутской области Игорю Кобзеву. В нём сообщили, что у проводного радио в настоящий момент чуть более шести тысяч абонентов. Владелец проводного радиовещания — компания "Сибдальсвязь — Ангара 1" три года назад подала на добровольное банкротство. Сейчас радиоканал уведомили, что в ближайшее время начнётся демонтаж оборудования, а также о том, что им нужно покинуть помещение, которое они занимали 25 лет. Оборудование для проводного радиовещания стоит 16 млн руб. У иркутского МАУ "Город новостей", куда входит и Иркутский радиоканал, нет средств для приобретения этого оборудования и

ремонта радиоточек. Сейчас проводного радио уже совсем нет в городах Шелехове, Братске, Байкальске и Усть-Илимске (источник — URL: **https://babr24.com/?IDE=225840** (30.03.22)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

БЕЛАРУСЬ. "Правда Радио" зазвучало в г. Наровле. "Правда Радио" — структурное подразделение "Гомельскай праўды", её на частоте 101,6 МГц будет слышать каждый житель южного уголка Гомельщины.

США, АЛЯСКА. В летнем сезоне с 27 марта по 29 октября 2022 г. радиостанцию KNLS по-русски можно услышать с 9.00 до 10.00 на частоте 9695 кГц, с 11.00 до 12.00 — на частоте 9580 кГц, с 15.00 до 16.00 — на частоте 9800 кГц. Мощность передатчика — 100 кВт (источник — URL: **https://www.knls.net/** (30.03.22)).

МАДАГАСКАР. MWV (Madagascar World Voice) — радиостанция KNLS "Новая Жизнь" вещает из Индийского океана. В летнем сезоне вещание на русском языке осуществляется через передатчик мощностью 100 кВт с 18.00 до 19.00 на частоте 9885 кГц, с 19.00 до 20.00 — на частоте 9845 кГц. Направление вещания — Запад России (источник — URL: **https://www.knls.net/** (30.03.22)).

УКРАИНА. "Русское радио" больше не будет вещать в Украине. Вместо него появится переформатированная радиостанция с другим названием, сообщает группа TAVR Media. Обновлённая радиостанция начнёт работу после завершения информационного марафона "Единые новости". В рамках этой инициативы радиостанции группы TAVR Media прекратили трансляцию развлекательного и музыкального контента и присоединились к телеканалам, соединяя в свои эфиры единый государственный информационный контент (источник — URL: **https://mediasat.info/2022/02/27/russkoe-radio-bolshe-ne-budet-veshhat-v-ukraine/** (30.03.22)).

Хорошего приёма и 73!

Активные антенны Е-поля

Часть 4

Линейный режим биполярных транзисторов, особенности JFET полевых транзисторов

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

В этой части рассмотрены принципы построения усилителей с "врождённой" линейностью без сложных цепей ООС, которые применяются в схемотехнике АА Е-поля. Проведены результаты измерения параметров различных популярных транзисторов, которые могут служить читателям для разработки своих качественных АА. Обсуждаются биполярные и полевые транзисторы на примере конкретных изделий, сделаны выводы по схемотехнике АА, рассмотрена подлинная АА miniwhip.

Квазилинейный режим АУ

Чтобы усилитель был абсолютно линейным, необходима полная независимость его параметров ($Z_{вх}$, $K_у$, $Z_{вых}$) от мгновенного значения сигнала, вернее на практике, смеси сигналов и помех. Если посмотреть на ВАХ и диаграммы параметров в документации к транзисторам, можно увидеть, что эти параметры зависят от напряжений и токов, т. е. от усреднённой рабочей точки (РТ) и от мгновенного сигнального смещения вокруг этой РТ. Это означает, что сигнал, и в большей мере мощный сигнал, своим меняющимся мгновенным значением непрерывно меняет условия для своего собственного усиления. Поэтому основная цель при разработке помехоустойчивых усилителей — снизить влияние сигнала и помех на условие собственного усиления.

Общепринятый и популярный инженерный приём решения такой задачи — введение отрицательной обратной связи (ООС). Например, если усилитель имеет усиление $K_у$ = 100 без ООС и коэффициент нелинейных искажений (КНИ) 10 %, то в варианте с замкнутой ООС для $K_у$ = 10(1) результирующие искажения будут примерно 1 % (0,1 %). Если изначально усилитель не очень качественный, то ООС может исправить ситуацию более заметно, но никак не делает из этого усилителя изделие премиум-класса. То есть по мере "затягивания пояса" снизятся искажения сигнала, но они не исчезают. Всякая пропорциональная ООС основана на присутствии остаточного ошибочного сигнала, который по той же кривой ВАХ усиливается, но используя только малую часть кривой ВАХ, и получается снижение искажений.

Тут возникает первая проблема в случае, если нужен КНИ менее 0,1 % (уровень –60 дБ). Если установить ещё один каскад усиления внутри петли ООС, может, это и будет решением? Однако удлинение цепи ООС за счёт ещё одного каскада уменьшит её быстродействие и фазовую стабильность, и мы с такой ООС почти ничего не улучшаем для той же полосы пропускания. Потребуется увеличить быстродействие всех каскадов внутри петли, а это уже будет совсем другой усилитель.

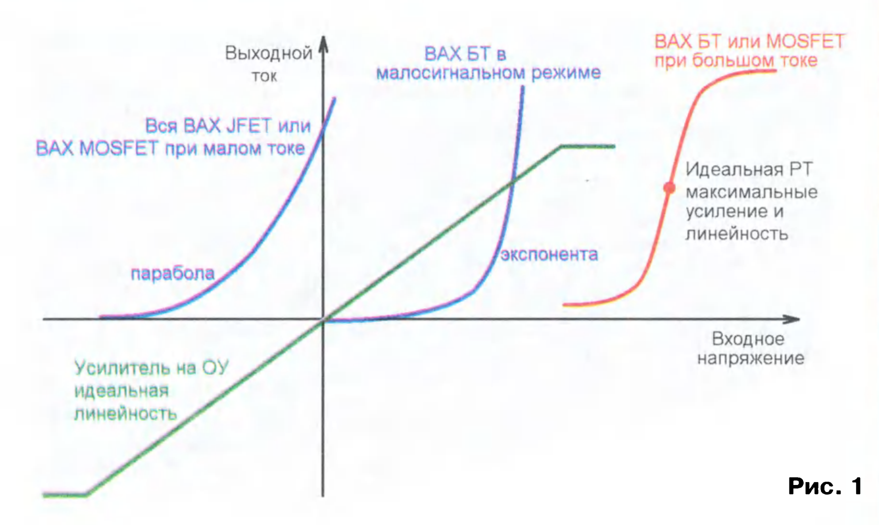


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Самый верный путь решения — каждый узел (каскад) внутри петли ООС должен быть изначально максимально линейным. Не следует откладывать исправление линейности на момент замыкания ООС. В упрощённой диаграмме, показанной на **рис. 1**, приведены разные передаточные характеристики распространённых в инженерной практике усилительных элементов.

Идеальная характеристика (зелёного цвета) реализуема только в области НЧ на качественных ОУ. Существуют некоторые ОУ, которые и на ВЧ имеют хорошую линейность, поэтому они пригодны для применения в АУ. Однако у них оптимальный по шуму импеданс источника сигнала — менее 1 кОм. Чаще всего в ВЧ-усилителях используют усилительные элементы с характеристиками, показанными синим цветом. Это — параболическая ВАХ ПТ или ВАХ БТ в малосигнальном экспоненциальном режиме. С помощью таких усилителей можно решить узко поставленные задачи, но для широкополосных усилителей они не пригодны, поскольку спектр обогащается лишними ложными сигналами. Именно в использовании этих ВАХ лежит причина плохой работы некоторых АА.

Анализом свойств транзисторов и продуманной установкой РТ часто можно наладить работу усилительных элементов на S-образном участке ВАХ (красный цвет). Здесь в середине имеется квазилинейный участок — это та самая РТ для усилителей с "врождённой" линейностью. Мало того что имеется лучшая линейность, ещё и усиление в этой РТ максимальное, и шумовые свойства не самые плохие. Этот режим применяется с 1980-х годов в широкополосных усилителях кабельных ТВ-сетей с появлением транзисторов BFR/BFT9x. Транзисторы серий КТ355, КТ610, КТ911 и КТ939 также предназначены для такого режима с большим током покоя.

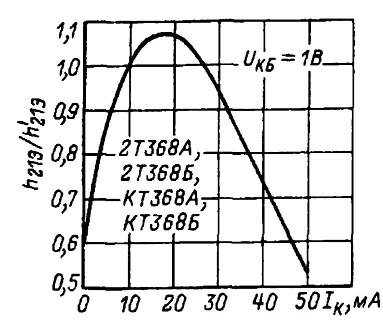
А как "разглядеть" правильную РТ в документации на транзисторы? Наиболее выразительными являются зависимости крутизны (S, g_{21}) или коэффициента передачи тока (β, $h_{21э}$) в зависимости от некоторого параметра, например, тока коллектора (эмиттера) или смещения на затворе, напряжения $U_{КБ}$. Чаще такие зависимости приведены для постоянного тока или НЧ и только отчасти — на высоких рабочих частотах.

Но не всегда удаётся установить режим транзистора "на горке" максимального усиления. Особенно это относится к ПТ с длинной ВАХ (изделия 1970—1980-х годов), которые могут оказаться далеко в запредельном режиме по рассеиваемой мощности, а также к современным ПТ для СВЧ-передатчиков, работающих в импульсном режиме.

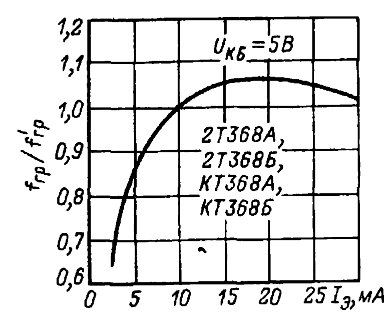
В АА особенно важно обеспечивать высокую линейность в широком интервале уличной температуры. В отличие от привычной задачи по стабилизации тока или напряжения в усилителях, тут отчасти надо искать решение в полностью противоположном направлении и сознательно менять ток покоя с изменением температуры, чтобы РТ транзистора всегда была в центре S-образного участка ВАХ.

Биполярные транзисторы в АА

БТ сам по себе не является особо линейным элементом, их "короткие" ВАХ имеют сложные взаимозависимости с экспоненциальными изгибами. Весь усилительный процесс в БТ определяется через его механизм управления по току, что выражается коэффициентом передачи по току α = 0,95...0,999 (в схеме ОБ) или $h_{21э}$ = β = 20...1000 (в схемах ОЭ и ОК). С увеличением частоты значения этих параметров снижаются, и при граничной частоте в ОЭ усиление по току составляет 1.



Зависимость относительного статического коэффициента передачи тока от тока коллектора.



Зависимость относительной граничной частоты от тока эмиттера.

Рис. 2

Почти у всех БТ найдётся локальный максимум по усилению тока с отклонением по линейности меньше процента для сигналов размахом до ±10 % от стационарного значения РТ. Ток покоя при этом может составлять 20...50 % от максимально допустимого значения. Например, популярный ВЧ-транзистор серии КТ368 на характеристике (**рис. 2**) имеет характерную "горку" по усилению.

Если РТ транзистора серии КТ368 установить на этой "горке" при токе покоя 18 мА, условия усиления для сигнала размахом ±5 мА будут относительно стабильны (с отклонениями ±2...3 %), что на нагрузке сопротивлением 50 Ом соответствует напряжению сигнала ±250 мВ. При этом в спектре сигнала образуется мало чётных гармоник (IM_2), если "горка" симметричная. Такой же сигнал при токе покоя 10 мА или 30 мА потерпел бы существенную несимметричную деформацию, и в спектре усиливаемого сигнала появились бы чётные гармоники. К сожалению, эта характеристика чаще всего приводится для постоянного тока или низкочастотного сигнала. Но нередко приводится ещё диаграмма зависимости граничной частоты $F_{макс}$ от тока коллектора. Для работы в области КВ достаточно брать тогда усреднённое значение оптимального тока коллектора из этих диаграмм, и "вслепую" можно определить не самую плохую РТ для этого транзистора. Для многих транзисторов эти точки даже совпадают.

СВЧ-транзисторы для широкополосных усилителей (ШПУ), а также многие переключательные транзисторы имеют длинную и ровную характеристику зависимости передачи тока от тока коллектора. Если транзистор работает на частоте менее $0,1 \cdot F_{макс}$, можно выбрать выгодный токовый режим по разным другим соображениям. Транзисторы серий BFR9x и BFT9x в этом плане дают большую свободу разработчику.

Очень вредным параметром для усилителей с коллекторным выходом (схема с ОЭ) является ёмкость коллекторного перехода. Через неё на базу возвращается противофазный и усиленный сигнал, что уменьшает усиление, входной импеданс и граничную частоту. Для АА на частотах более 5 МГц надо выбирать транзисторы с учётом этой ёмкости, установить режим транзистора с достаточно большим напряжением $U_{КБ}$.

У ВЧ-транзисторов разработки 70—80-х годов часто имеется резко выраженная зависимость β от напряжения $U_{КЭ}$, и поэтому для них требуется значительный запас по напряжению $U_{КЭ}$ не менее 4...7 В, чтобы транзистор находился в качественном линейном режиме с высоким и стабильным усилением.

У транзисторов для кабельных ТВ-сетей и иногда ключевых транзисторов при определённом напряжении $U_{КБ}$ и заданной нагрузке найдётся некоторый оптимальный ток коллектора (например транзистор BFG591), при котором искажения по IM_2 крайне малы (**рис. 3**). У них по IM_3 имеются чаще всего плавное убывание с ростом тока (**рис. 4**) и очень широкий минимум. Для транзистора BFG591 в схемах широкополосных АА лучший режим будет при токе 60...65 мА. При снижении напряжения $U_{КБ}$ до 2 В оптимальный режим смещается к 35 мА.

Эмиттерный повторитель

Во многих простых схемах АА в выходном каскаде применяется эмиттерный повторитель (ЭП), иногда авторы рекомендуют схемы с абсурдным током по сравнению с реальными сигнальными токами. Насколько это оправдано и необходимо?

В учебной литературе ЭП приводится как эталонно линейный усилительный каскад, нарисованы упрощённые диаграммы, да и на экране осциллографа кажется, что всё красиво. Но это относится к верхним 40 дБ от ДД, и когда мы используем ЭП в составе РПУ с ДД на 100 дБ, всё оказывается далеко не таким хорошим. Чтобы понимать причи-

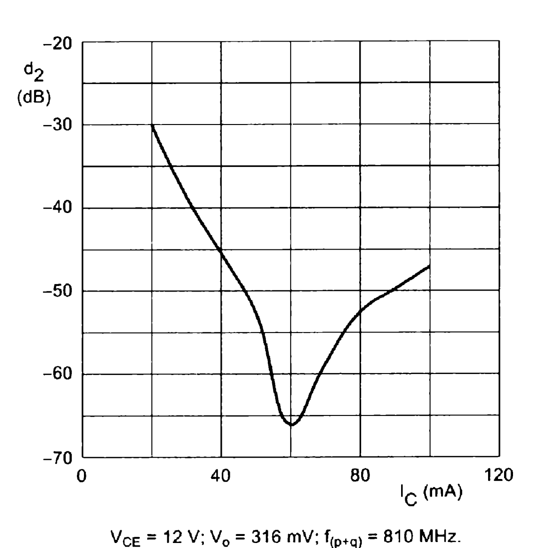


Рис. 3

-20
d_{im}
(dB)
-30
-40
-50
-60
-70
0 40 80 120
I_C (mA)

V_{CE} = 12 V; V_o = 700 mV; $f_{(p+q-r)}$ = 793.25 MHz.

Fig.9 Intermodulation distortion as a function of collector current; typical values.

Рис. 4

ны нелинейности в ЭП на уровне −60 дБ и ниже, надо возвратиться к схеме с ОЭ, где транзистор без эмиттерной ООС взаимодействует с сигналом. Для проведения эксперимента использована схема включения, показанная на **рис. 5**. Для транзисторов структуры p-n-p полярность питающих напряжений — обратная.

На вход (базу) различных транзисторов подавался двухтональный сигнал размахом 2×20 мВ на частотах 1,8 и 2,2 МГц. При этом выходной сигнал был очень далеко от жёсткого ограничения по напряжению, так как коллекторная нагрузка — низкоомная (25 Ом). Напряжение питания коллектора — регулируемое, ток эмиттера можно было изменять в интервале 0...65 мА за счёт изменения напряжения минусовой полярности. В **табл. 1** указаны результаты исследования популярных транзисторов. Значение $U_{КЭ}$ указано как минимально необходимое, чтобы IM_3 и IM_2 приняли разумное значение. При токах $I_{МИН}$ и $I_{МАКС}$ транзистор выходит из зоны хороших линейных режимов, либо усиление уменьшается более чем на 3 дБ. При I_{OPT3} имеется минимум по IM_3. P_T — это мощность, выделяемая на коллекторе при надёжной работе по IM. Значение I_{OPT2} указывает на режим для минимального значения IM_2.

Найденные в результате этого эксперимента параметры РТ гарантируют также в ЭП минимум искажений, так как в нём есть ООС в виде дополнительного резистора в цепи эмиттера. Для выходных каскадов АА на КВ в ЭП особо хорошо работают транзисторы 2N2222, 2N4401, BFR92, BFR93, КТ904, а также их комплементарные p-n-p аналоги. В положительную сторону выделяются транзисторы BFG591, 2Т399А (BFY90) и 2Т355А. В АА для диапазона СДВ—ДВ—СВ с очень хорошим результатом сработают BC547C, BC557C и BCP56. Транзистор серии КТ368 показывает отличный результат только при индивидуальном налаживании.

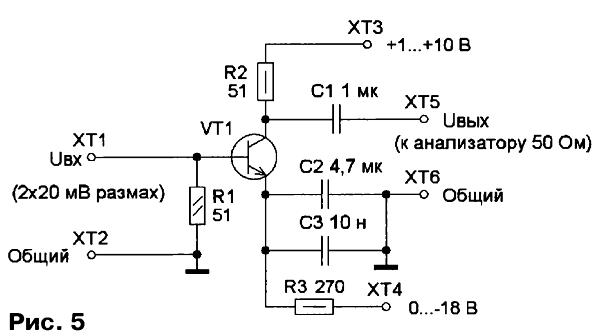


Рис. 5

Чтобы проверить полученные результаты в схеме с ОЭ, был исследован тот же экземпляр транзистора BC547C в ЭП. Схема измерений показана на **рис. 6**.

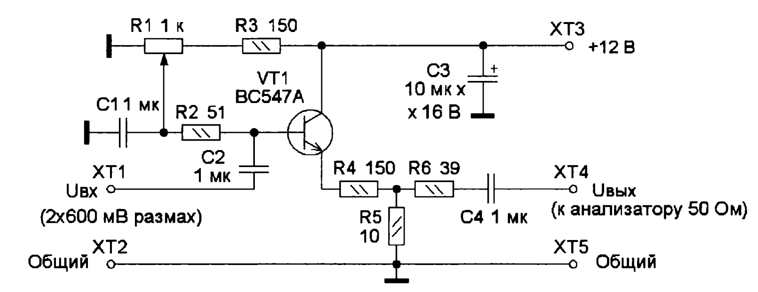


Рис. 6

Было зафиксировано хорошее совпадение по лучшим значениям IM_2 и IM_3 со схемой ОЭ. В целом, при сигнале 2×300 мВ на входе ЭП IM_2 и IM_3 на выходе всегда были менее −50 дБ, а в оптимальном режиме при токе коллектора 25 мА IM_3 снизилось до −63 дБ. Для простых АА этого вполне достаточно. Минимальное значение IM_2 получилось при токе коллектора 42 мА.

Вывод. При отсутствии у радиолюбителя сложной измерительной аппаратуры можно рекомендовать проверку транзистора в схеме с ОЭ по максимуму усиления, чтобы найти параметры оптимальной РТ для конкретного транзистора. При этом отклонение от идеального режима останется совсем небольшим.

ЭП на транзисторе 2N2222

В результате проведённых исследований транзистор 2N2222 зарекомендовал себя очень хорошо. Но это были чисто лабораторные измерения, где проверялся ЭП при работе на чисто резистивную нагрузку, без подключённых узлов реальной АА. Часто можно прочитать в публикациях про АА хорошие отзывы. А всё ли так хорошо с ним, как авторы уверяют? Достаточно было подключения анализатора спектра (50 Ом) к выходу ЭП через короткий ВЧ-кабель длиной 1 м с волновым сопротивлением 50 Ом, и получилась почти ожидаемая картина. При токах 7/10/14/20 мА значение IM_3 составляло всего лишь −30/−40/−50/−60 дБ. После удлинения кабеля до 5 м результат стал заметно хуже, пришлось увели-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Таблица 1

Транзистор		$U_{кэ}$, В	$I_{мин}$, мА	$I_{опт3}$, мА	$I_{макс}$, мА	$P_т$, мВт	$I_{опт2}$, мА	Зависимость $h_{21э} = f(I)$ при F = 5 МГц	Примечание
Тип	Назначение, структура								
BC547C	Универс. НЧ n-p-n	7	27	30	32	250	40	Увеличивается пропорционально. Широкий пик	IM_3 улучшается с ростом усиления и тока до 27 мА, минимум при 30 мА (–50 дБ), потом деградирует, при токе 32 мА резко ухудшается, IM_2 имеет резкий минимум при токе 40 мА
BC557C	Универс. НЧ p-n-p	6	25	29	31	200		Увеличивается пропорционально. Широкий пик	Хорошее сочетание с транзистором BC547C, такой же резкий рост IM при токе более 32 мА
КТ3102Е	УНЧ n-p-n	3,5	3	4,8	8			Максимума нет	При токе 4,8 мА IM_3 = –50 дБ, IM_2 = –18 дБ, F = 4 МГц (–3 дБ)
BCP56	Ключ. n-p-n	7	40	60		400		Без пика и до 2 МГц	Похож на 2N2222, но граничная частота менее 2 МГц, усиление на 3 дБ больше остальных
2N4401	Унив. перекл. n-p-n	6	18	35	53	200	50	Умеренно пологая	До тока 18 мА IM_2 и IM_3 большое, при токе от 18 до 50 мА IM_2 плавно убывает
2N4403	Унив. перекл. p-n-p	4,5	22	44	55	300	44	Длинная пологая	Значения примерно как у транзистора 2N4401
2N2222 (металл)	Унив. перекл. n-p-n	4	25	50	100	300	50	Длинная пологая	IM_3 при токе 20 мА уменьшается, при 40 мА менее –40дБ, IM_2 имеет минимум при токе 48 ± 3 мА
MPS2907	Унив. перекл. p-n-p	3	23	42	53	200		Увеличивается пропорционально	Хорошее сочетание с транзистором 2N2222, IM_2 плавно убывает с ростом тока
2SC2014	Универс. НЧ и ключ. n-p-n	5	25	30	35	150	44	Увеличивается пропорционально и широкий пик	Похож на BC547C, пик более широкий, IM_3 на 10 дБ хуже, IM_2 имеет резкий минимум
КТ368А	Универс. СВЧ n-p-n	4,5	21	27	33	150	24	Пологая.	IM_2 = –40 дБ при токе 27 мА, IM_3 = –50 дБ при токе 25....30 мА
КТ368А	Универс. СВЧ n-p-n	1,8	6	7	9	150	24	Увеличивается пропорционально. широкий пик	Минимум IM_3 = –50 дБ при токе 7 мА
2Т363А	СВЧ, $h_{21э}$ = 30 p-n-p	2	15	20	30	150		Длинная пологая.	IM_3 и IM_2 менее –50дБ, усиление на 6 дБ меньше всех
2Т363Б	СВЧ, $h_{21э}$ = 70 p-n-p	1,5	10	20	30	150	28	Длинная пологая.	При токе 28 мА IM_3 и IM_2 менее –50 дБ
SS9018	Универс. ВЧ n-p-n	1,8	6	7	9	150	нет		Минимум IM_3 = –50 дБ при токе 7 мА, нет улучшения при токе более 10 мА. при малых токов заменяет КТ368
2Т399А, BFY90	ВЧ ключ и СВЧ n-p-n	2,5	16	26	36	150		Умеренно пологая	Усиление растёт до 15 мА, минимум IM_3 = –46 дБ при токе 26 мА, в целом настройки не критичны, IM_2 убывает с током.
2Т355А	ШПУ n-p-n	4	22	31	42	150	42	Умеренно пологая	IM_3 = –46 дБ в большом интервале диапазоне токов, IM_2 имеет широкий минимум при токе 35...45 мА
КТ316Б	ВЧ, h_{21} = 150 n-p-n	1	4	5	6				При токе 30 мА IM_3= –50 дБ, IM_2 = –40 дБ, при токе 5 мА есть минимум IM_3 = –70 дБ
КТ325 металл 8мм	СВЧ ШПУ n-p-n	>1,7	4	5,3	6		24	Широкий максимум при $U_{кб}$ более 4В	Типичная характеристика для ШПУ-транзисторов, при 5/18/24 мА $R_э$ = 8/3/3 Ом, при 17 мА входной импеданс 500 Ом , хороший режим 5 В/24 мА, корпус ТО-92 — сомнительно
КТ3128	Резонансн. УВЧ p-n-p	2	5	6	7	20		Сложная зависимость	До тока 0,9 мА с АРУ, или более 3 мА без АРУ, при токе 6 мА IM_3 и IM_2 менее –50 дБ, при токе 15 мА IM_3 = –70 дБ
КТ3127	Резон. УВЧ с АРУ p-n-p	1,5...5	5	9	25		9		При токе 9 мА IM_3 и IM_2 менее –50 дБ, при токе 15 мА IM_3 = –70 дБ
КТ3126	Унив. ВЧ pnp	5	15	18	25	100	22		IM_3 всегда менее –36 дБ, при токе 22 мА IM = –60 дБ
КТ326Б	УНЧ и УВЧ p-n-p	1,7	3	4,8/28	6				Есть минимум по IM3= –60 дБ при 4,5 мА и второй минимум при 28мА и 1,7 В где IM2=IM3= -40 дБ
КТ3108А, КТ3108Б	УВЧ и ключ p-n-p	1,7	13	6,5/20	30	300	18		IM_2 = IM_3 = –50 дБ при токе 18 мА, IM_2 = –40 дБ и IM_3 = –60 дБ, при токе 30 мА.
КТ3142	Унив. n-p-n	>1	5	18	30	100		Не зависит от $U_{кэ}$	IM_2 = –20 дБ для всех токов и напряжений, $U_{кэ}$ мало влияет на уровень IM_3. Не годен в ШПУ по IM_2 без ООС в эмиттере
КТ3162	УВЧ p-n-p	1,5	6	8	10	300			Не годен по IM_2 без ООС в эмиттере
BFR93	СВЧ ШПУ n-p-n	2,5	25	35	45	200		Широкий пик.	IM_3 менее –36 дБ при токе 15...45 мА, IM_2 плавно убывает до минимума при токе 45 мА, оптимальное $U_{кэ}$ = 2...6 В
BFT93	СВЧ ШПУ p-n-p	2	22	35	43	150	35	Широкий пик	Хорошее сочетание с BFR93, IM3 всегда ниже -36 дБ, при 30...38 мА IM_2 ниже –50 дБ
BFP420	СВЧ ШПУ n-p-n	4				220	55		Оптимальный режим 53...58 мА с глубоким подавлением IM_2
BFG591	СВЧ ШПУ n-p-n	2	22	35	43	150	35		Хорошее сочетание с BFR/BFT93, IM_3 всегда ниже –36 дБ, при 30...38 мА IM_2 ниже –50 дБ
КТ633А	n-p-n	>1,5	5	6	8				Нет минимума IM_2, лучший режим при $U_{кэ}$ = 2...18 В и 6,5 мА
КТ941А	p-n-p	>2	8	10	12				По IM_2 нет минимума, лучший режим при $U_{кэ}$ = 2...18 В и 10 мА
КТ941А $R_э$ = 100 Ом		>3	16	20	>30		>20		Лучший режим при 2,5...18 В и токе 20 мА, IM_2 и IM_3 менее –70 дБ до частоты 30 МГц при $U_{вх}$ = 2×600 мВ
КТ9141	СВЧ n-p-n	>1,5	8	12	20	100	39	Не зависит от $U_{кэ}$ и растёт с током	IM_2 = широкий минимум по току, $U_{кэ}$ мало влияет на уровень IM , RE до 50 мА пропорционально зависит от тока эмиттера
КТ9143	СВЧ p-n-p	>1,5	8	15	21	100	34	Не зависит от $U_{кэ}$ и мало меняется	IM_2 — широкий минимум по току, $U_{кэ}$ мало влияет на уровень IM
КТ606	ВЧ, h_{21} = 100 n-p-n	>3	9	10	11				$R_э$ = 4 Ом, ток 10 мА, IM_3 = –50 дБ, IM_2 = –18 дБ
2Т904А	УМ на ВЧ n-p-n	5	50	80*		400		Без пика	При токе 50 мА IM_3 менее –40 дБ, при токе 80 мА IM_3 = –50 дБ, IM_2 плавно снижается с ростом тока
2Т914А	УМ на ВЧ p-n-p	4	30	60	100	400	60	Без пика	Хорошее сочетание с транзистором 2Т904, IM_3 и IM_2 всегда меньше –40дБ, при токе 60 мА менее –50 дБ
ГТ322Б	Резон. УВЧ	2,5	6	7	8			Не зависит от $U_{кэ}$	IM_2 = –26 дБ, IM_3 = –60 dB при $U_{вх}$ = 2×13 мВ и токе 7 мА
ГТ313Б	Унив. УВЧ p-n-p	2	12	14	22	100		Не зависит от $U_{кэ}$	При $U_{вх}$ = 2×13 мВ и токе 14 мА IM_3 = –60 дБ, IM_2 = –40 дБ, при $U_{вх}$ = 2×4 мВ IM_2 = –60 dB, $R_э$ = 8 Ом
ГТ311Д,Л	Унив. УВЧ n-p-n	1,5	4	8	12			Не зависит от $U_{кэ}$	При $U_{вх}$ = 2×13 мВ и токе 8 мА IM_3 = –60 дБ, IM_2 = –40 дБ, при $U_{вх}$ = 2×4 мВ IM_2 = –46 dB, $R_э$ = 9 Ом
ГТ341В	Резонансный УВЧ n-p-n	>1	4	5	6			Не зависит от $U_{кэ}$	При $U_{вх}$ = 2×13 мВ и токе 5 мА IM_3 = –70 дБ, IM_2 = –20 дБ

чить ток коллектора на 40 % для восстановления первоначального качества. А именно такой вариант "решения проблемы с кабелем" отчасти нам предлагают в публикациях об АА.

Но это ещё не вся картина. На практике радиоприёмник на частоте приёма часто имеет чисто активное входное сопротивление 50 Ом, но на входе может быть установлен LC ФНЧ с частотой среза 30 МГц. Для сигнала в диапазоне менее частоты среза ФНЧ это будет ёмкостная нагрузка. Например, ФНЧ PLP-30 от Minicircuits с частотой среза 30 МГц на средних КВ-частотах имеет действующую параллельную суммарную ёмкость 470 пФ.

После установки такого фильтра на входе анализатора картина стала неприемлемо плохой. Пришлось уменьшить в три раза уровень двухтонального сигнала (до 2×100 мВ), чтобы при токе 2/4/7 мА IM_3 составляла −32/−40/−50 дБ. При двухтональном сигнале размахом 2×400 мВ и токе 7/10/14/20/26/33/50 мА значение IM_3 было соответственно −18/−2/1−30−/42/−50/−55/−55 дБ. Получается, что профессиональный всеволновый приёмник с ФНЧ на входе нагружает ЭП АА настолько, что вся приёмная система в целом ведёт себя заметно хуже, чем эта же АА с простым приёмником, у которого нет ёмкостной составляющей входного импеданса. Поэтому зачастую и приходилось владельцам продвинутых приёмников "выжимать" из ЭП качество через повышение тока. Но даже лидер из таблицы — транзистор 2N2222, который при токе коллектора 30 мА достигает максимума своего качества, и дальнейшее повышение тока до 50 мА уже мало меняет результат.

Вывод. ЭП с непосредственным выходом на ВЧ-кабель имеет коэффициент передачи, близкий к единице, что хорошо для чувствительности и шума, а также для АА с коротким АЭ. Но он легко создаёт искажения при малейшей ёмкостной нагрузке. Поэтому ЭП следует нагружать исключительно чисто резистивной нагрузкой.

Выходной импеданс ЭП

Как показала практика изготовления АА, за редкими исключениями она должна работать на сопротивление, равное волновому сопротивлению кабеля. Это спасает от сюрпризов с входными узлами приёмника и упорядочивает все мероприятия по защите от помех.

В **табл. 2** приведены выходные импедансы ЭП на разных транзисторах при разных токах покоя на частоте 5 МГц в малосигнальном режиме при подаче сигнала на базу из источника сопротивлением 50 Ом.

Таблица 2

Тип транзистора	$R_{вых}$ ЭП на частоте 5 МГц (Ом)			
	Ток коллектора, мА			
	5	10	20	40
BC547C	10	5,5	3,6	2,5
2N2222	5,5	3,5	2,7	1,3
2N4401	5,6	3,8	2	1,1
2SC2014	6,2	3,3	2,4	
КТ368А	6	3	2,3	
2Т399А, BFY90	6	3,6	2,3	
2Т355А	6,2	3,4	2,6	2
2Т904А	6	3	2	1
BCP56	5,4	2,6	2	1
BFS17	7	3,5	1,8	
BFR93	6	3,6	1,9	
2SC2018	5,6	3,7	2,5	3,3
2Т363А			6	

На основании данных табл. 2 можно сделать вывод, что при токе коллектора 10...20 мА надо добавить в эмиттерную линию 47(68) Ом для согласования с ВЧ-кабелем сопротивлением 50(75) Ом. При больших токах следует подключить резистор сопротивлением 51(75) Ом, а при меньших токах выходное сопротивление транзистора приближается к вычисленному по формуле $R_{вых} = 26/I_э$ ($I_э$ — в миллиамперах), и дополнительные резисторы должны дополнить это значение до 50(75) Ом.

Также отметим, что спад $h_{21э}$ ещё на частоте 5 МГц вызывает заметное влияние импеданса генератора на импеданс ЭП. Здесь лидируют транзисторы BFS17 и BFR93 с меньшим взаимным влиянием. Транзистор КТ363А здесь не очень подходит из-за малого начального значения $h_{21э}$. Это можно проверить при применении мощных СВЧ-транзисторов серий КТ610, КТ911, КТ939, которые не всегда имеют большое значение ($h_{21э}$), но держат его до СВЧ.

На **рис. 7** показаны несколько примеров согласования ЭП с ВЧ-кабелем, которые обеспечивают согласование с разным качеством.

В ЭП по схеме на рис. 7,а транзистор работает с очень малым током (0,5 мА,) и выходной импеданс ЭП составляет $Z_{вых} = 26$ мВ/$I_э$ = 52 Ом. Но так как весь выходной сигнальный ток уходит напрямую в нагрузку, уже при напряжении сигнала несколько милливольт мгновенный ток эмиттера значительно меняется, соответственно изменяются импеданс и коэффициент усиления и условия для усиления самого сигнала. Поэтому в АА miniwhip постарались увеличением тока исправить ситуацию, чтобы импеданс ЭП стал намного меньше 50 Ом. Но это портит согласование с кабелем и тянет за собой другие проблемы.

В ЭП по схеме на рис. 7,б ток эмиттера умеренный, и за счёт резистора R3 создаётся импеданс 53 Ом со стороны транзистора, с учётом резистора R4 получаем 50 Ом и на контакте XT8 создаётся идеальное согласование с кабелем. Сигнальный ток уже намного меньше меняет эту ситуацию, и условие усиления намного стабильнее. Также уменьшено обратное воздействие на базу (в два раза).

Собрать ЭП по схеме на рис. 7,в рекомендуется, если в системе имеется достаточно усиления, но требуется высокая линейность при большом уровне сигнала и помех. Большой ток через резистор R6 сведёт влияние сигнального тока на усиление к минимуму. Этот принцип применён в испытательной АА-000.

В ЭП по схеме на рис. 7,г обеспечивается линейность при обоих полупериодах сигнала, поэтому IM_2 существенно снижена. Импеданс на контакте XT16 даже при больших токах и большом размахе сигнала не меняется. Поэтому с умеренным током покоя получается высокая линейность. ЭП работает уже не с экспоненциальной ВАХ одного транзистора, а образуется растянутая S-образная передаточная характеристика.

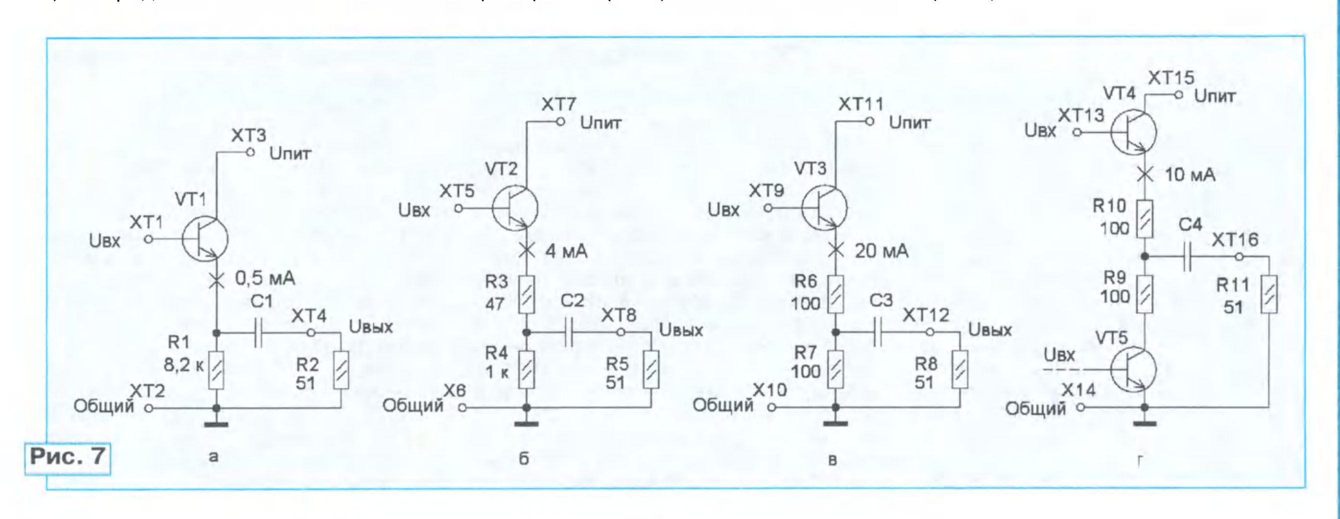


Рис. 7

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Последовательный резистор между эмиттером и кабелем отцепляет ёмкостную нагрузку и устраняет выпрямительные эффекты в ЭП. Поэтому схема на рис. 7,а не годится для АА. Любопытно, что эта схема часто используется в Hi-Fi аппаратуре последних десятилетий на линейном НЧ-выходе. Но достаточно к выходному конденсатору добавить последовательный резистор сопротивлением 560 Ом и заметно меняется звучание к лучшему, так как из звукового спектра исчезнет крайне вредная IM_2.

Остался вопрос, насколько можно в реальной ситуации загрузить ЭП сигналом и помехами? Для сохранения низких искажений можно установить правило, чтобы размах суммарного сигнала по току эмиттера должен быть меньше 10 % тока покоя. Но это, конечно, зависит от конкретных требований. Если требовать уровень искажений −100 дБ, чтобы выйти на рубеж с хорошим SDR-приёмником, то простой ЭП вообще не вариант, решение следует искать за счёт развития схемы на рис. 7,г.

Каскад с ОБ

В транзисторных каскадах по схеме с ОЭ, с общим истоком (ОИ), или дифференциальных усилителях (ДУ) улучшаются линейность и вид АЧХ, если коллектор (или сток) работает на крайне низкоомную нагрузку, при этом уменьшается обратная связь на высокоомный вход. Если в качестве непосредственной нагрузки использовать сравнительно высокоомный резистор, расчётное усиление не получается из-за действия ООС на вход через ёмкость коллектора. Намного лучше входной каскад АА будет работать, если его нагрузкой будет транзисторный каскад по схеме с ОБ. Её входное сопротивление довольно точно соответствует $Z_{вх}$ = (26 мВ)/$I_э$(мА), и при токе покоя в несколько миллиампер получаем несколько ом. Выход каскада с ОБ отличается очень высоким собственным импедансом и малой ёмкостью. Поэтому можно при коллекторном импедансе в несколько сотен ом получить отличные широкополосность и линейность.

Каскад с ОЭ и эмиттерной ООС

В отличие от схемы с ОК (ЭП), в каскаде с ОЭ можно получить усиление по напряжению. Если предполагать двухстороннее согласование кабеля, коллектор будет нагружен сопротивлением 25 Ом. При такой нагрузке с эмиттерной ООС можно получить коэффициент передачи от АЭ к входу приёмника, близкий к единице. Такой каскад мало нагружает входной транзистор.

С современными СВЧ-транзисторами можно получить ровную форму АЧХ от СДВ до УКВ при усилении до 14...18 дБ (с ОЭ). Но с целью получения высокой линейности стоит заложить в АА усиление не более 6...8 дБ, чаще всего даже 0 дБ уже достаточно, и задача каскада состоит исключительно в развязке входного ИП от кабеля. Последовательный резистор 22 Ом в эмиттерной цепи создаст хорошую ООС при токе несколько десятков миллиампер.

Полевые транзисторы в АА

Если у БТ разных типов присутствует относительно небольшая разница в форме ВАХ и всё предсказуемо даже с "неизвестным" изделием, то с ПТ совсем не так. В зависимости от технологии изготовления они имеют разные ВАХ. ПТ прошлого века даже в одной партии имеют большой разброс ВАХ (до 50 % абсолютных значений). У современных ПТ достигнут малый разброс параметров, менее 5 % в одной партии, — это не редкость, а в целом — менее 10 %. Но особенности схем на ПТ при этом остаются, и зачастую они позволяют за счёт небольшой коррекции получать улучшение серийной аппаратуры.

В АА для Е-поля ПТ используется только во входном каскаде. С ним можно наилучшим образом усилить сигнал от ёмкостного АЭ, а вот требования к выходному кабельному усилителю на ПТ выполнить не просто. Применяются каскады с общим истоком (ОИ) и общим стоком (ОС) или (ИП). Схема с общим затвором (ОЗ) актуальна для АА на УКВ или для рамочных АА на КВ, но это уже другая тема.

Независимо от конкретного ПТ они имеют высокое входное сопротивление только на низких частотах, вплоть до нескольких мегагерц. На частоте 30 МГц в лучшем случае следует ожидать входное сопротивление 100 кОм у СВЧ-MOSFET, а ПТ общего применения показывают в лучшем варианте несколько десятков килоом. На частоте 100 МГц следует рассчитывать только на несколько килоом. В документации часто приводят этот параметр, причём раздельно по ёмкостной и активной составляющих (входная проводимость g_{11} и b_{11}).

ПТ для работы на ВЧ можно разделить на две основные группы — JFET и MOSFET. В соответствии с физикой их работы они показывают лучшие результаты с каналом n-типа, и мы по умолчанию будем рассматривать только их. Обычно ПТ с p-каналом шумят заметно сильнее.

ПТ с p-n переходом

У ПТ типа JFET (КП303, J310, КП903, BF862, КП341 и многие другие) нет никакой линейности ни в одном рабочем режиме. Их передаточная характеристика $I_c = f(U_{зи})^2$ — это парабола по всей протяжённости активной части ВАХ. Крутизна этой ВАХ (S) математически является первой производной и представляет собой в идеале наклонную прямую. То есть по всей протяжённости активной части ВАХ усиление транзистора изменяется по линейному закону, поэтому при каждом мгновенном значении сигнала имеется другое значение усиления. По сути, это хуже некуда для широкополосного приёма многосигнальной смеси с помехами, но как смеситель — это идеальное применение, как и для УПЧ с АРУ, приемлемо и полезно. Соответственно к часто встречающимся "суперлинейным" усилителям с JFET J310 (P8000, CP643, КП903, 2SK1740) надо относиться критически. Их "линейность" достигается, в первую очередь, за счёт большого тока покоя на фоне относительно слабых сигнальных токов.

Существуют JFET ПТ с симметричной структурой кристалла (BF245, J310, BF862, 2SK2394), у которых можно на самом деле менять местами сток и исток (иногда указано в документации), что упростит разводку на печатной плате для строго симметричных схем. Есть и явно асимметричные JFET, например, 2SK212, BF510— BF 513 с очень маленькой проходной емкостью (не более 0,3 пФ).

У JFET штатное усиление достигается при UСИ более 10 В для КП903 и CP643, более 6 В — для J310, у большинства не допускается напряжение $U_{си}$ менее 4 В с учётом размаха сигнала. Только в режиме малых токов, меньше 20 % от начального тока, станет возможным работать при $U_{си}$ = 2...3 В. Более современные изделия при небольших токах работают ещё при $U_{си}$ = 1,5...2,5 В (BF862, 2SK212).

Несмотря на то что усилительный процесс в JFET имеет место и при небольшом открывающем напряжении на затворе вплоть до +0,5 В, но уже при +0,1 В проявятся заметные искажения.

Истоковый повторитель на JFET, или почему miniwhip подведёт

Вокруг схем категории АА miniwhip имеется множество мнений и утверждений, но измерений и анализа мало. Пора развеять мифы, анализируя её популярную схему, показанную на **рис. 8**.

Вначале протестируем первый каскад на транзисторе VT1: цепь R7C4 не установлена, анализатор спектра подключён к точке KT1. РТ для транзистора VT1 ($U_{зи}$ = −1,6 В и ток стока — 9,6 мА) оптимально выбрана посередине ВАХ. Большое напряжение на резистивном делителе R5R6 обеспечивает хорошую температурную стабильность. На вход подаётся двухтональный сигнал размахом 2×600 мВ с частотами 3,9 МГц и 4,1 МГц. Получается очень приличный результат на KT1: IM_3 = −60 дБ и IM_2 = −44 дБ. Коэффициент передачи составляет −1 дБ (0,9). Это связано с выходным импедансом ИП: $Z_{вых}$ = 1/S (около 60 Ом в данном режиме).

Подтверждается зависимость усиления (крутизны) от напряжения питания. При $U_{си}$ = 6/5/4/3/2 В коэффициент передачи каскада на транзисторе VT1 составляет соответственно 0,9/0,87/0,83/0,75/0,33. Рекомендуется в ИП на транзисторе J310 обеспечить напряжение $U_{си}$ не менее 6 В, что мы в данном тесте выполняем и должны соблюдать при работе АА miniwhip.

Теперь к ИП подключаем хвалёный на практике ЭП на транзисторе VT2 (2N2222). Ток покоя (30 мА) выбран якобы правильно для высокой линейности. Но подключение самого ЭП (без нагрузки на контакте XT5) подняло

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 5, 2022

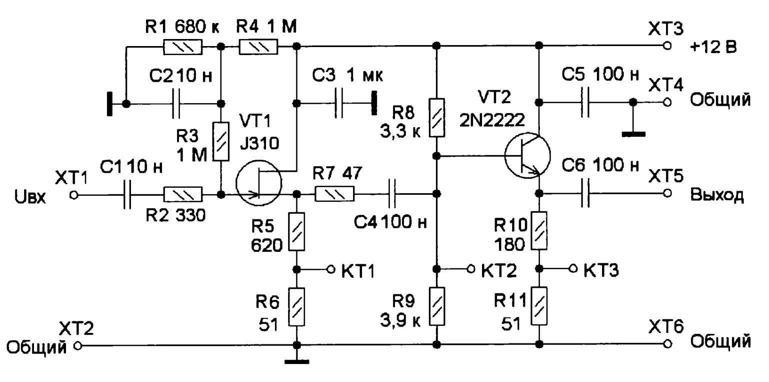


Рис. 8

искажения в транзисторе VT1 по IM_2 на 6 дБ до –38 дБ (замер на КТ1).

Прямое подключение к ЭП ёмкостной нагрузки 470 пФ (к примеру, ФНЧ minicircuits PLP-30) увеличило IM_2 в каскаде на транзисторе VT1 до –26 дБ, отметим, это ещё в КТ1! Получается, в этой АА IM_2 образуется не в выходном транзисторе, а во входном. Значение IM_3 осталось отличным, так как ВАХ транзистора VT1 практически не содержит кубической составляющей, и транзистор VT2 работает по IM_3 в оптимальном режиме по току.

ёмкости 7...9 пФ эта АА играет только во второй лиге, но по замыслу автора для приёма СДВ—ДВ это было не существенно.

Улучшенный вариант AA miniwhip

Ниже указаны простые доработки, которые позволяют улучшить линейность подлинной АА miniwhip, и за счёт увеличения длины АЭ можно немного поднять качество КВ-приёма. Схема доработанной АА miniwhip показана на

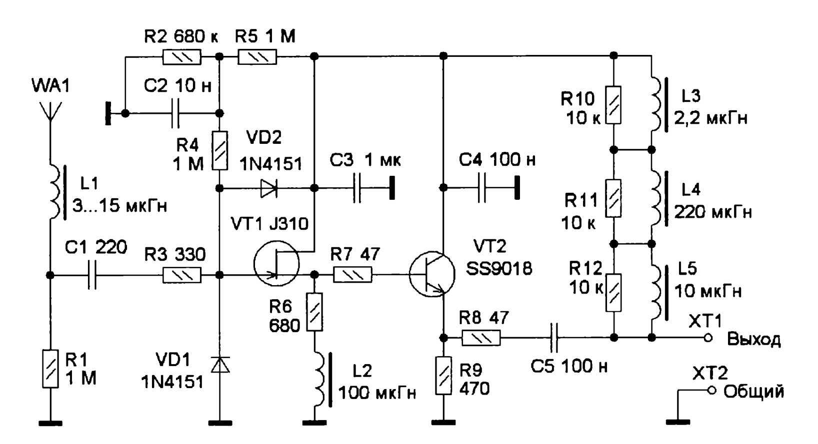


Рис. 9

Автор miniwhip ослабил эффект воздействия ЭП на ИП резистором R7 = 47 Ом от истока к базе ЭП. Но для полного устранения эффекта нужен был резистор сопротивлением несколько килоом, который бы испортил основные параметры АА. Проблема с IM_2 в АА miniwhip не решена, в принципе, и не решается, причина лежит в типе ПТ с параболической ВАХ.

Подлинная АА miniwhip, по многим отзывам, отличается не особо качественным приёмом на КВ. С пробной входной LRC-цепью 10 мкГн, 5,1 кОм, 3,45 пФ был определён резонанс на частоте 18 МГц. Это соответствует входной емкости 4,3 пФ, но это без учёта ёмкости монтажа и защитных диодов в реальной АА на печатной плате. По результирующей входной

рис. 9, она удовлетворительно работает до средних КВ-диапазонов. Для её питания следует использовать напряжение питания +12 В по коаксиальному кабелю

Суть улучшений заключается в том, чтобы максимально облегчить нагрузку для транзистора VT1 как главного источника IM_2. Для этого следует заменить выходной транзистор более высокочастотным с большим усилением по току и малыми ёмкостями. У транзистора SS9018 оптимальный ток по минимуму IM_2 нашёлся при 12 мА при наличии эмиттерного резистора сопротивлением 47 Ом (R8). Требуемый ток устанавливают подборкой резистора R9. На этом месте хорошо работает и транзистор КТ368Б при токе 16 мА ($h_{21э}$>100). Транзистор BFS17 — тоже неплохой вариант с таким же током. Мощные СВЧ-транзисторы тут могут не подойти по причине малого значения ($h_{21э}$).

Далее, убираем из оригинальной схемы делитель напряжения смещения для транзистора VT2, который существенно нагружает транзистор VT1. Резистор R7 (10...47 Ом) остался для предотвращения самовозбуждения на УКВ, он не повлияет на усиление полезного сигнала, так как входное сопротивление транзистора VT2 увеличено за счёт ООС на резисторе R8. Для сигналов в диапазоне 5...15 МГц существенно уменьшается нагрузка на истоке транзистора VT1 установкой дросселя L2, поэтому возникновение IM_2 от КВ-сигналов ослаблено в разы.

Так как АА стала более живой на КВ, в развязке по питанию установлена цепочка трёх дросселей L3, L4 и L5 (EC24 или CECL). Установленные параллельно им резисторы R10—R12 устраняют взаимные резонансы между дросселями. При использовании кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом надо увеличить сопротивление резистора R8 до 68 Ом. На входе защита с диодами улучшена, в отличие от диодов 1N4148, диоды 1N4151 имеют в 2...3 раза меньшую ёмкость, как и у диодов КД512А, или, ещё лучше, у BAV99, 2Д707.

С помощью дросселя L1 можно поднять чувствительность на высоких КВ-диапазонах, если АЭ существенно длиннее 30 см. Лучше применить отечественные дроссели ДМ или ДПМ, у которых паразитные ёмкости минимальны. Дроссель L1 подбирают в интервале 3...15 мкГн индивидуально и резистор R3 = 330...910 Ом — соответственно. С такими изменениями качество приравняется примерно к АА-000.

В этой части фактически были "забракованы" JFET ПТ для применения в АА, но не стоит списывать их со счёта, позже мы найдём им свою нишу в симметричных каскадах. В следующей части будут рассмотрены MOSFET ПТ, с которыми получится построить врождённо линейный АУ, будут приведены практические схемы АА.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Селективный частотомер на микроконтроллере PIC16F873A

В. ТУРЧАНИНОВ, г. Севастополь

Предлагаемый частотомер, собранный на микроконтроллере PIC16F873A и двухстрочном 16-символьном ЖКИ, может производить последовательные измерения до восьми частот в составе сложного сигнала.

Схема частотомера приведена на **рис. 1**.

Основные технические характеристики

Диапазон измерения частоты, кГц . . . . .0,1...500
Погрешность измерения, %, не более 0,1
Входное сопротивление, кОм 10
Интервал входного напряжения, В .0,1...1
Время сканирования всего диапазона, мин 1
Напряжение питания, В . . . . .9...16
Потребляемый ток, мА . . . . . . .50...100

Основа прибора — микроконтроллер (МК) DD1 (PIC16F873A), он тактируется импульсами, вырабатываемыми кварцевым генератором на элементах ZQ1 (HC49S), C5 и C6. Описание семейства МК PIC16F873A и программных средств для их программирования приведено в [1]. Стабилизатор питания +5 В собран на микросхеме DA3 (LM7805). Описание микросхемы стабилизатора приведено в [2]. Конденсаторы C15—C18 — блокировочные по цепи питания. На ЖКИ HG1 (WH1602B-YGH-CTK) собрано устройство индикации. Описание ЖКИ WH1602B-YGH-CTK приведено в [3]. Резистором R10 регулируют яркость подсветки ЖКИ. Резистором R7 регулируют контрастность ЖКИ. Резисторы R4, R5 поддерживают высокий уровень на входах МК. Кнопка SB1 подключена к порту RA0 МК и используется для управления прибором. Резистор R2 и микросхема DA2 (MCP41010) образуют электронный переменный резистор, который управляет частотой внутреннего генератора тон-декодера. Описание электронного переменного резистора MCP41010 приведено в [4]. На резисторах R1, R3, конденсаторах C1—C4 и микросхеме DA1 (LM567) собран тон-декодер. Описание тон-декодера общего назначения LM567 приведено в [5]. Конденсатор C4 определяет время задержки сигнала на выходе OUT тон-декодера. Конденсаторы C2 и C3 определяют полосу захвата ФАПЧ тон-декодера. Она имеет разное значение на поддиапазонах. На первых пяти поддиапазонах микроконтроллер подключает конденсатор C2 к выводу LF_CAP, и полоса захвата имеет меньшее значение, чем на поддиапазонах с шестого по восьмой.

Принцип измерения частоты основан на сравнении частоты входного сигнала и частоты тон-декодера, собранного на микросхеме DA1. Она содержит I- и Q-детекторы, управляемые генератором, который управляется напряжением и определяет центральную частоту декодера. Когда частота входного сигнала совпадает с полосой пропускания центральной частоты, на выходе микросхемы присутствует низкий уровень. Выход представляет собой транзистор с открытым коллектором, для которого требуется внешний нагрузочный резистор, используемый для регулирования выходного тока. Центральную частоту устанавливают внешним узлом синхронизации, состоящим из конденсатора и резистора. Полосу про-

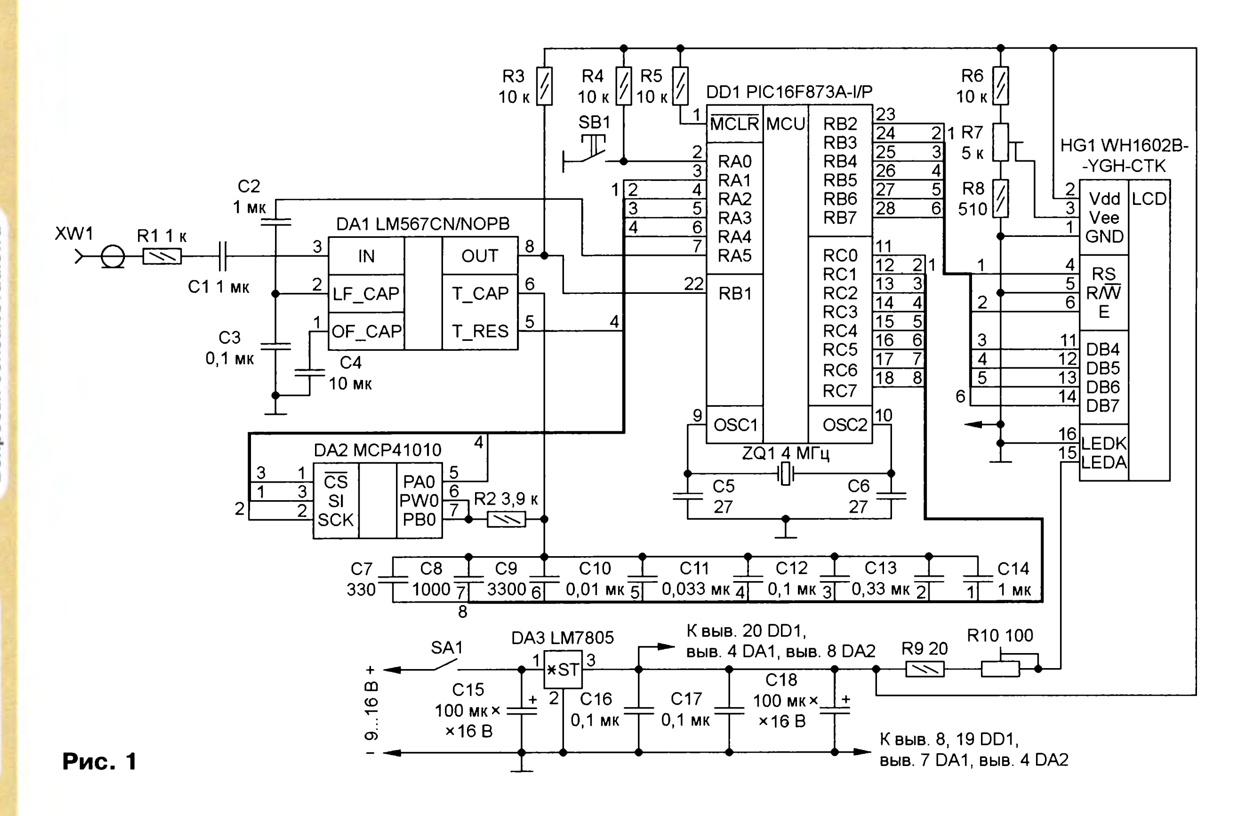


Рис. 1

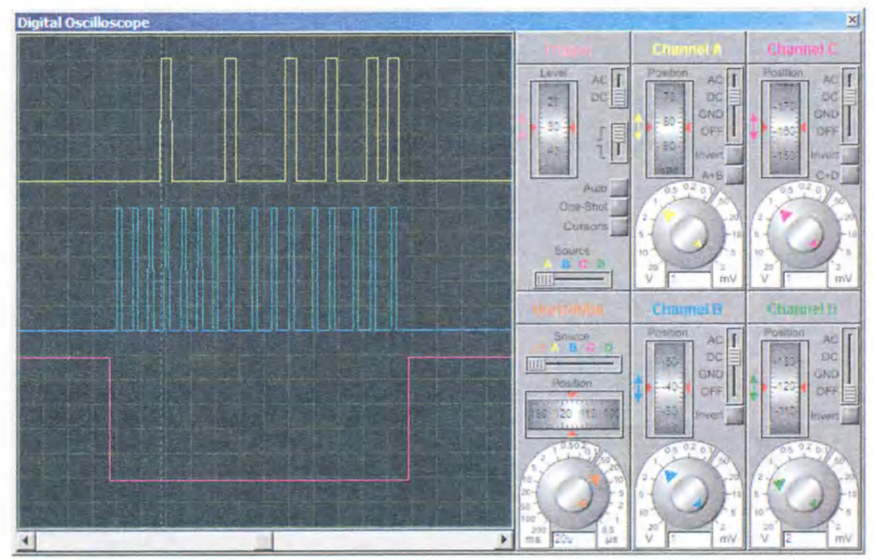


Рис. 2

пускания и задержку выходного сигнала устанавливают внешними конденсаторами. Чтобы исключить нежелательные сигналы, которые могут вызвать срабатывание выходного каскада, в модуле есть фильтр пост-детектирования. Этот фильтр состоит из внутреннего резистора сопротивлением 4,7 кОм и внешнего конденсатора. Хотя обычно ёмкость внешнего конденсатора не критична, её рекомендуют выбирать как минимум в два раза больше ёмкости конденсатора петлевого фильтра. Если ёмкость конденсатора выходного фильтра слишком велика, время включения и выключения выходного каскада будет иметь задержку, пока напряжение на этом конденсаторе достигает порогового уровня. Контур фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), включённый в LM567, имеет вывод для подключения конденсатора фильтра контура низких частот. Выбор конденсатора для фильтра зависит от желаемой полосы пропускания. Выбор полосы пропускания устройства различается в зависимости от уровня входного напряжения.

Микросхема DA2 — электронный переменный резистор, управляется по SPI-интерфейсу. На вход SCK (выв. 2) подают синхроимпульсы, формируемые МК DD1 на линии порта RA2 (выв. 4). На вход SI (выв. 3) поступают данные, вырабатываемые МК на линии порта RA1 (выв. 3). На вход CS (выв. 1) подают инверсный сигнал разрешения с линии порта RA3 (выв. 5) МК. Данные представляют собой два байта: первый определяется как адрес микросхемы, второй — данные.

Осциллограммы на SPI-интерфейсе приведены на **рис. 2**. Жёлтым цветом показаны синхроимпульсы с линии порта RA2, синим цветом — данные с линии порта RA1 и красным цветом — сигнал разрешения с линии порта RA3.

В начальный момент сканирования к внутреннему RC-генератору тон-декодера DA1 подключён конденсатор C14 ёмкостью 1 мкФ с линии порта RC0 (выв. 11) МК.

Рис. 3

SCANNING F/METER
OFF

Рис. 4

SCANNING

Рис. 5

MEASUREMENT
F1=002700Hz

Рис. 6

NO SIGNAL

Рис. 7

INDICATION
F2=003800Hz

Сопротивление времязадающей цепи — резистора R2 и сопротивления электронного переменного резистора — 10 кОм. Эта цепь обеспечивает частоту внутреннего генератора тон-декодера DA1 около 80 Гц, это нижний предел измерения первого поддиапазона с учётом перекрытия по поддиапазону. После нажатия на кнопку SB1 включается сканирование, сопротивление электронного переменного резистора уменьшается от 10 кОм до 0, а частота внутреннего генератора тон-декодера увеличивается от 80 Гц до 270 Гц. Сопротивление электронного переменного резистора имеет 256 отсчётов. Каждый отсчёт изменяется с периодом в 30 мс. Если в этом поддиапазоне во входном сигнале составляющих не обнаружено, прибор переходит на сканирование второго поддиапазона. Конденсатор C14 отключается, а к внутреннему RC-генератору тон-декодера подключается конденсатор C13 ёмкостью 0,33 мкФ. Этот конденсатор обеспечивает частоту внутреннего генератора тон-декодера второго поддиапазона в пределах от 230 до 830 Гц. Если в этом поддиапазоне во входном сигнале составляющих не обнаружено, частотомер переходит на сканирование третьего поддиапазона. И так далее до восьмого поддиапазона включительно. После сканирования восьмого поддиапазона, если составляющие во входном сигнале не обнаружены, прибор останавливает сканирование и выдаёт на ЖКИ информацию NO SIGNAL. Время сканирования одного поддиапазона равно восьми секундам. Время сканирования всего диапазона — в пределах одной минуты. Весь диапазон разбит на восемь поддиапазонов со следующим распределением частот:

1 — 80...270 Гц;
2 — 230...830 Гц;
3 — 0,82...2,9 кГц;
4 — 2,8...9,7 кГц;
5 — 7,2...24,8 кГц;
6 — 22,8...76,4 кГц;
7 — 69...218 кГц;
8 — 196...540 кГц.

Рассмотрим работу прибора при обнаружении составляющих входного сигнала. После включения частотомера на ЖКИ появляется информация (**рис. 3**).

На вход прибора подают исследуемый сигнал. Кратковременным нажатием на кнопку SB1 (TS-A3PG-130) включается сканирование (**рис. 4**). При определении первой (самой низкочастотной) составляющей входного сигнала прибор останавливает сканирование, производит измерение и индикацию (**рис. 5**). Следующим нажатием на кнопку SB1 сканирование продолжается. По окончании сканирования, если никакие частоты не были определены, прибор выводит информацию NO SIGNAL (**рис. 6**). Если частоты определились, они сохраняются в памяти прибора и их можно посмотреть, нажимая длительно на кнопку SB1 (**рис. 7**). Длительным нажатием на кнопку производится выход из режима просмотра.

Допустим, входной сигнал состоит из трёх составляющих: 200 Гц, 1000 Гц и 5000 Гц. После начала сканирования, как только частота внутреннего генератора тон-декодера сравняется с первой составляющей (200 Гц), на выходе тон-декодера DA1 (выв. 8) появляется низкий уровень. МК останавливает дальнейшее сканирование и производит измерение частоты внутреннего генератора тон-декодера. Измеренная частота сохраняется в памяти и индицируется на ЖКИ прибора в формате F1=xxxxxxHz. После нажатия на кнопку SB1 включается дальнейшее сканирование. Как только частота внутреннего генератора тон-декодера сравняется со второй составляющей (1000 Гц), на выходе тон-декодера появляется низкий уровень. МК останавливает дальнейшее сканирование и производит из-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

мерение частоты внутреннего генератора тон-декодера. Измеренная частота сохраняется в памяти и индицируется на ЖКИ прибора (F2=xxxxxxHz). После следующего нажатия на кнопку SB1 включается дальнейшее сканирование. Как только частота внутреннего генератора тон-декодера сравнится с третьей составляющей (5000 Гц), на выходе тон-декодера появляется низкий уровень. МК останавливает дальнейшее сканирование и производит измерение частоты внутреннего генератора тон-декодера. Измеренная частота сохраняется в памяти и индицируется на ЖКИ прибора (F3=xxxxxxHz). После нажатия на кнопку SB1 включается дальнейшее сканирование.

Частотомер собран на плате из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1 мм. Чертёж платы показан на **рис. 8**, а расположение элементов — на **рис. 9**. В отверстия, отмеченные чёрными точками, вставляют отрезки лужёного провода и пропаивают с обеих сторон платы. Кроме того, выводы некоторых деталей также пропаивают с обеих сторон платы. В приборе применены постоянные резисторы и неполярные конденсаторы для поверхностного монтажа типоразмера 0805. Обратите внимание, что на одной стороне платы установлены резисторы R1, R7, R10, конденсаторы C1, C15, C18, кварцевый резонатор ZQ1, МК DD1 и стабилизатор DA3. Остальные детали расположены на противоположной стороне платы.

ВЧ-разъём XW1 (24 BNC-50-2-20/133 NE) соединён с платой 50-омным экранированным кабелем. Центральную жилу кабеля припаивают к контактной площадке на плате, оплётку — к фольге общего провода. Гнездо питания и выключатель соединены с платой проводом МГТФ-0,5.

Блокировочные конденсаторы по цепи питания устанавливают как можно ближе к выводам питания микросхем. МК установлен в переходную панель.

Настройку частотомера начинают с установления подстроечным резистором R7 необходимой контрастности изображения на дисплее ЖКИ, а подстроечным резистором R10 — необходимой яркости подсветки.

Далее приступают к подбору времязадающих конденсаторов C7—C14. На первом поддиапазоне подбирают конденсатор C14. К выводу T_RES (выв. 5) DA1 через входной делитель 1:10 подключают частотомер. Вместо электронного переменного резистора DA2 подключают резистор сопротивлением 10 кОм. Включают прибор и подбором конденсатора C14 добиваются показаний частотомера, близких к 80 Гц, — нижней границе первого поддиапазона. Далее отключают (выпаивают) конденсатор C14, соединяют линию порта RC1 (выв. 12) МК с общим проводом. Подбором конденсатора C13 добиваются показаний частотомера, близких к 230 Гц. Далее отсоединяют конденсатор C13 от общего провода, соединяют линию порта RC2 (выв. 13) МК с общим проводом. Подбором конденсатора C12 добиваются показаний частотомера, близких к 820 Гц. И так далее. После подбора конденсаторов на всех поддиапазонах подключают конденсатор C14 и вместо резистора сопротивлением 10 кОм — электронный переменный резистор DA2. На этом настройка прибора закончена.

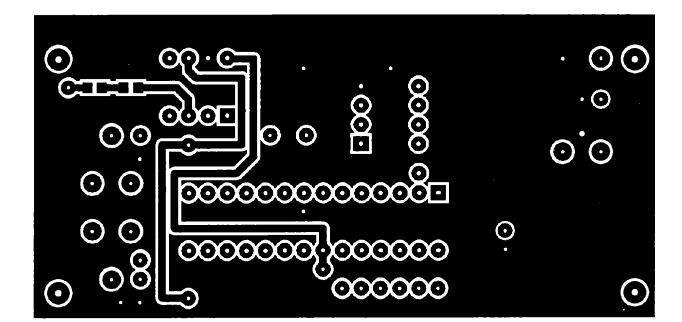
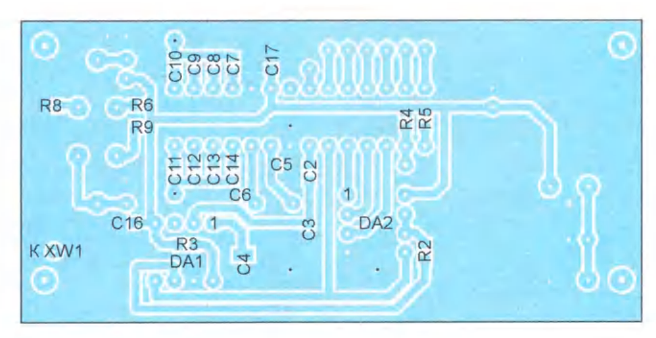


Рис. 8



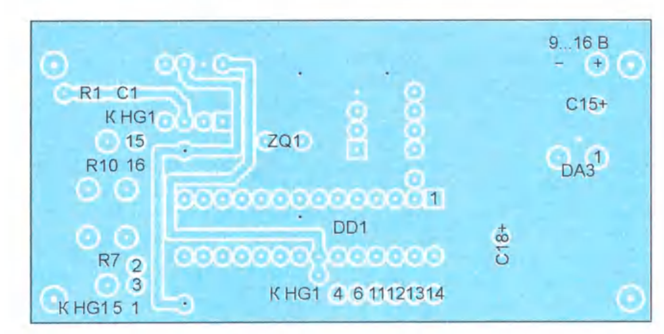




Рис. 9

ЛИТЕРАТУРА

1. PIC16F87XA Data Sheet 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers. — URL: **http://akizukidenshi.com/download/PIC16F87XA.pdf** (03.03.2022).

2. LM78XX/LM78XXA 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator. — URL: **http://hades.mech.northwestern.edu/images/6/6c/LM7805.pdf** (03.03.2022).

3. LCD Дисплей 16x2, LCD дисплей 1602. — URL: **https://www.winstar.com.tw/ru/products/character-lcd-display-module/lcd-display-16x2.html** (03.03.2022).

4. MCP41XXX/42XXX Single/Dual Digital Potentiometer with SPI™ Interface. — URL: **https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/11195c.pdf** (03.03.2022).

5. LM567x Tone Decoder. — URL: **https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm567c.pdf** (03.03.2022).

*Прошивка МК и чертёж печатной платы размещены по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/05/sel_freq_meter.zip** на нашем ftp-сервере.*

Управление устройствами через блокчейн

Ю. ШОМНИКОВ, пгт Верховье Орловской обл.

Отправляясь в отпуск или другую длительную поездку, перед многими путешественниками встаёт вопрос кормления оставленных без попечения питомцев.

На просторах Интернета можно найти немало вариантов дистанционно управляемых кормушек, а в магазинах — готовых изделий. Повторить или сделать свою конструкцию можно, но связь с аппаратами почти всегда предполагает взаимодействие с серверами на разных условиях и по всевозможным сценариям. Настройка такого сопряжения не всегда проста и надёжна. Не говоря уже о необходимости оплаты и ввода данных при регистрации.

Блокчейн решит многие из вышеперечисленных проблем. Никаких серверов, никакой оплаты, никаких данных от пользователя при регистрации и минимум настроек! В статье описан способ удалённого управления устройствами с помощью технологии блокчейн.

Прежде чем познакомить читателей с анонсированным в предыдущей публикации "Блокчейн для всех" ("Радио", 2021, № 8, с. 29—33) материалом об управлении устройствами через блокчейн, хочу рассказать об упущенной в прошлой статье теме. Речь идёт о тестовых сетях.

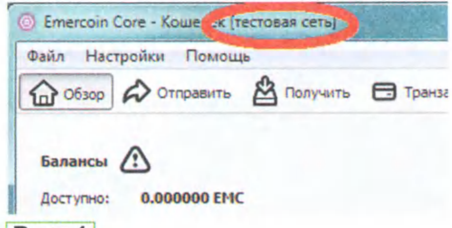


Рис. 1

Поскольку запись в блокчейн любой информации требует расходов цифровых активов (в предыдущей публикации имелись в виду токены Emercoin), именно работа в тестовых сетях позволит читателям, решившим воспользоваться предложенными решениями, избежать ненужных трат.

Тестовые сети присутствуют во многих блокчейн-платформах, а не только в Emercoin, и предназначены они, как наверняка понятно из названия, для тестирования и проверки каких-либо действий в сети блокчейн. Этим сетям доступен весь функционал, как и основным. Единственное отличие тестовой сети от основной — это то, что в ней "крутятся" тестовые токены и весь блокчейн, т. е. все записи на некоторых платформах периодически обнуляются, ведь это, по сути, всего лишь черновик, и "раздувать" его нет смысла.

Для того чтобы открыть тестовый кошелёк и синхронизироваться с тестовой сетью, ничего скачивать не потребуется, если вы уже загрузили и установили Emercoin Core, описанный в статье "Блокчейн для всех", достаточно в файле конфигурации (о файле конфигурации emercoin.conf рассказано в вышеуказанной статье) дописать в начале строчку testnet=1. После этого станет открываться точно такой же кошелёк, что и основной, с пометкой в верхней части окна "[тестовая сеть]" **рис. 1**.

Тестовые монеты Emercoin любезно предоставляют разработчики платформы, если к ним обратиться с такой просьбой через форму обратной связи на сайте emercoin.com. Укажите адрес, на который надо перевести тестовые монеты. Посмотреть и скопировать этот адрес можно в открытом кошельке, пройдя по вкладкам "получить". Для других платформ механизм распространения тестовых монет может быть иным.

Обратите внимание — в этом проекте используется блокчейн-платформа Waves, а не Emercoin. Скачивать и синхронизировать блокчейн на свой компьютер не требуется!

Адрес платформы — <**https://testnet.waves.exchange/**>. После несложной регистрации (вариант "Программный доступ" не потребует ввода каких-либо персональных данных и адреса email — **рис. 2**) станет доступен весь функционал платформы. Пусть читателя не пугает интерфейс системы с наличием вкладок "Купить криптовалюту", "Торговля" и т. п. Ещё раз повторюсь — сеть тестовая, и все манипуляции в ней — с "ненастоящими" активами и валютами.

Тестовые токены можно получать один раз каждые десять минут, посещая страницу **https://testnet.wavesexplorer.com/faucet/** платформы Waves и вводя адрес кошелька в поле Testnet Address (**рис. 3**).

Адрес или запишите при регистрации, или посмотрите в правом верхнем углу, кликнув на "галочку" (**рис. 4**).

Разрабатывая систему управления через блокчейн, хотелось экспортиро-

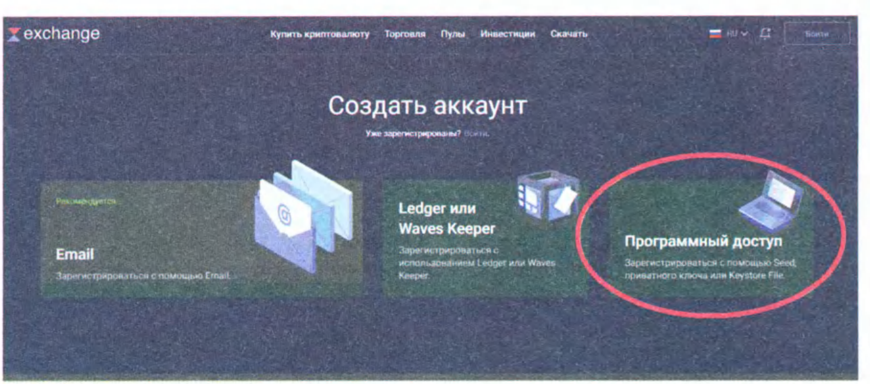


Рис. 2

Для работы в тестовых сетях необходимы токены, и распространяются они разработчиками платформ бесплатно. Тестовые токены не имеют монетарных свойств, т. е. они не продаются на биржах и не обмениваются на какую-либо валюту. Поэтому никакой финансовой подоплёки в их распространении нет.

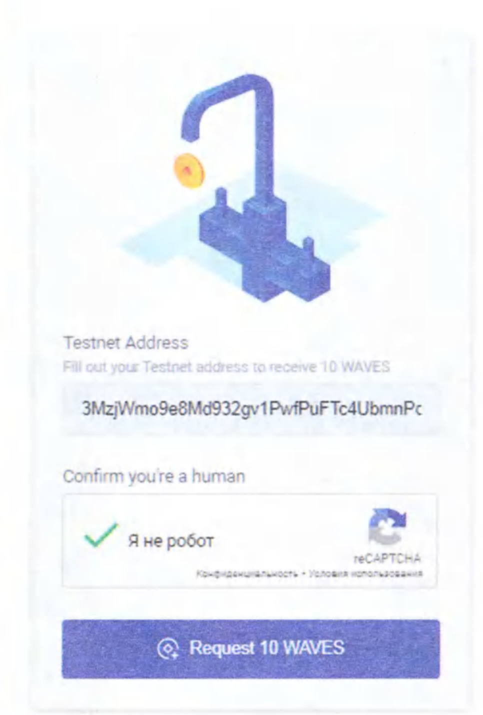


Рис. 3

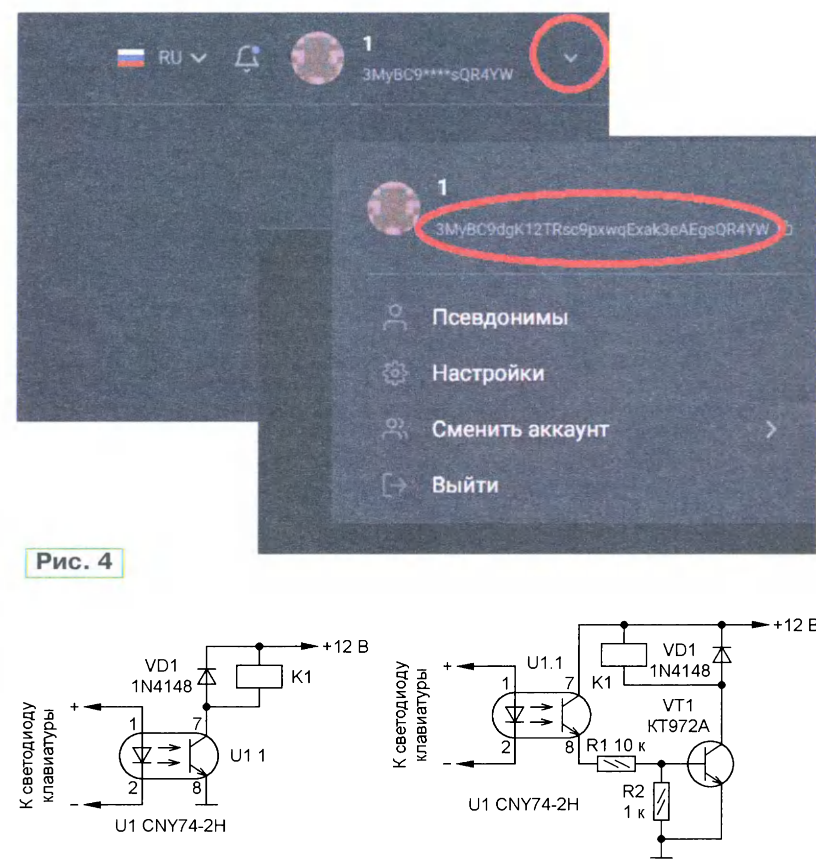


Рис. 4

вать код на миниатюрные устройства типа Arduino, но микроконтроллеры, установленные на этих платформах, не имеют мощностей для управления соединениями вида https, по которым идёт взаимодействие с блокчейном. Проект можно реализовать с использованием миниатюрного компьютера Raspberry Pi. К тому же плата Raspberry Pi оснащена портами ввода/вывода GPIO, что решает вопрос с устройством сопряжения.

Но я остановил свой выбор на полноценном компьютере с операционной системой Windows, на который можно возложить много дополнительных функций, таких как охрана и видеонаблюдение. Для соединения компьютера с приводом кормушки я применил нестандартный и, по моему мнению, простой вариант сопряжения устройства с компьютером.

Старая USB-клавиатура после небольшой доработки справится с задачей управления как минимум трёх реле. Как? Ведь на ней только кнопки! И с клавиатуры можно только ввести информацию в компьютер, а для управления необходимо выводить. Всё очень просто. Индикаторы NumLock, CapsLock и ScrollLock могут загораться и гаснуть не только при нажатии одноимённых клавиш, но и по сигналам от программ. На **рис. 5** приведена схема подключения к клавиатуре, если ток срабатывания реле не превышает 50 мА. Схема на **рис. 6** позволит реализовать управление в случае большего тока срабатывания. Излучающий диод оптрона подключают параллельно светодиоду клавиатуры или вместо него.

Использовать можно либо всю клавиатуру, либо только плату, на которой размещены индикаторы NumLock, CapsLock и ScrollLock.

Рис. 5

Рис. 6

Рис. 7

Можно воспользоваться готовым решением от китайских производителей — фотореле в виде модуля XH-M131 (**рис. 7**).

Фотоэлемент закрепляют вплотную к штатному индикатору клавиатуры и светоизолируют, например фольгой. Какого-либо вмешательства в клавиатуру в этом случае не требуется.

Теперь, подключив к контактам реле какую-либо нагрузку, уже локально можно без всяких программ включать и выключать её, нажимая на клавишу, на которую реагирует задействованный светодиод.

Конечно, для электропривода кормушки такое простое устройство не годится, поскольку после сигнала включения требуется подать сигнал на выключение, и в случае промедления или задержки прохождения сигнала в сети возникнет угроза передозировки.

Несомненно, эту проблему можно было решить программно, но, помимо усложнения программной составляющей проекта, терялась возможность простого включения или выключения чего-либо и применения программы для других целей.

Поэтому решено было включить в узел коммутации одновибратор, срабатывающий при любых изменениях состояния светодиода клавиатуры. В этом случае, подав сигнал на включение, не надо заботиться о выключении. Всякое изменение состояния задействованного индикатора клавиатуры приведёт к тому, что устройство немного прокрутит привод кормушки и отсыпет порцию.

```
[zencin]
node_url = https://nodes-testnet.wavesnodes.com
address = 3MzjWmo9e8Md932gv1PwfPuFTc4UbmnPddy
balance0 = 15600300001
lock = NUM_LOCK
condition = ">"
var = CAPS_LOCK   SCROLL_LOCK   NUM_LOCK "<" ">"
time = Thu Nov 11 23:08:21 2021
timeslip = 3
information = https://explorer.emercoin.com/dpo/control_keyboard_indicators/
```

Рис. 8

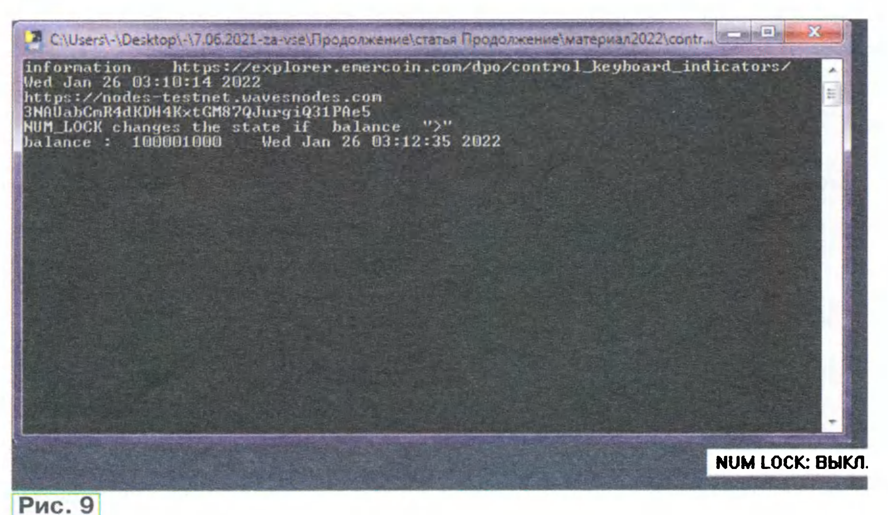


Рис. 9

Одновибратор с оптронной развязкой можно рализовать на базе Arduino. Скетч single_vibrator.ino для загрузки в Arduino находится на ftp-сервере журнала. В двух местах скетча можно менять значения задержки delay(3000), увеличивая или уменьшая время, на которое будет включён привод кормушки, регулируя порцию выдаваемого за один раз корма.

В строках **if (int(sensorValue) >100 && sost == 0)** и **if (int(sensorValue) <100 && sost == 1)** скетча значение после знаков ">" и "<" надо подобрать таким, чтобы чётко и однозначно указать порог освещённости фоторезистора светодиодом клавиатуры, при котором включается реле. Узнать это значение, включив монитор порта в программной оболочке IDE Arduino после загрузки скетча, можно так. Включая и выключая светодиод клавиатуры, к которому "пристыкован" фоторезистор (ещё раз напомню, что эта фотопара должна быть хорошо светоизолирована от внешних засветок), обратите внимание на числа, выводимые в окне монитора. Минимальное число при включённом светодиоде и будет искомым значением.

Конечно, Arduino можно подключить к компьютеру через физический USB-порт, Bluetooth или по Wi-Fi, а реализация, предложенная в этой статье, — это всего лишь один из интересных, по моему мнению, вариантов сопряжения компьютера и устройства. Ещё один нестандартный вариант я предлагал в статьях журнала "Радио" "Включение и выключение внешнего устройства с помощью модема" (2010, № 5, с. 21) и "Позвони компьютеру" (2013, № 9, с. 19, 20). Основным же в этом материале остаётся не способ сопряжения устройства с компьютером, а способ управления через Интернет.

Итак, войдите в систему Waves, узнайте адрес кошелька и получите тестовые токены на него.

После того как у вас будет адрес кошелька и энное количество тестовых токенов Waves, можно приступать к настройке и работе с программой, которую я приготовил для управления светодиодами клавиатуры.

Программа **control_keyboard_indicators.exe** и файл её настройки **ConfigLOCK.ini** расположены на ftp-сервере журнала.

Программа **control_keyboard_indicators.exe** периодически проверяет баланс кошелька и, в зависимости от его состояния в соответствии с условием, даёт команду на включение определённого индикатора клавиатуры.

Все настройки программы сводятся к изменению файла конфигурации **ConfigLOCK.ini** под ваши потребности. На **рис. 8** показан пример программы.

Для настройки достаточно поменять значения ключей всего в трёх подчёркнутых строках.

В ключ address после знака равенства впишите адрес кошелька сети Waves, от состояния которого будет зависеть сценарий управления.

Ключ lock указывает, каким именно индикатором клавиатуры будет управлять программа.

Ключ condition — это условие изменения состояния выбранного индикатора.

Если значение ключа condition = "<", то сигнал на изменение состояния индикатора подаётся при уменьшении баланса, т. е. управлять может только владелец кошелька, ведь изменять баланс на уменьшение может только он сам.

Значение ключа condition = ">" приведёт к тому, что сигнал на изменение состояния индикатора будет подан только при увеличении баланса, т. е. управлять может любой пользователь, кто отправит на адрес из ключа address любое число токенов.

В седьмой строке под ключом var для информации указаны все варианты ключей lock и condition.

Для управления тремя индикаторами клавиатуры можно запускать три экземпляра программы **control_keyboard_indicators.exe**, скопировав их вместе с файлами конфигурации в отдельные папки. Ключи lock в файлах **ConfigLOCK.ini**, конечно же, должны быть разными. А ключи condition и address могут быть любыми для управления индикаторами независимо друг от друга и по разным сценариям.

Само управление непосредственно можно выполнить или с другого удалённого компьютера или даже со смартфона всё через тот же Web-интерфейс платформы Waves. Используя тот же аккаунт, что уже зарегистрирован, или заведя новый, совершите исходящую или входящую транзакцию на адрес из файла конфигурации **ConfigLOCK.ini** и на клавиатуре компьютера с запущенной программой **control_keyboard_indicators.exe** обязательно изменит состояние индикатор, указанный под ключом lock (**рис. 9**).

Web-интерфейс для управления, конечно, не очень удобен, но при желании можно воспользоваться API, предоставляемым создателями платформы, и создать свой простой, удобный интерфейс для управления.

От редакции. *Упомянутые в статье программы размещены по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2022/05/contr_dev_block_ch.zip*** *на нашем ftp-сервере.*

Фонокорректор на стержневых лампах

Д. ПАНКРАТЬЕВ, г. Ташкент, Узбекистан

Наметившаяся в последние годы устойчивая тенденция расширения сферы использования электронных усилительных ламп в звукотехнике переросла в явление, которое можно уверенно назвать "ламповым ренессансом". Прочно заняв свою нишу среди усилителей мощности класса Hi-End, лампы понемногу нашли применение и в других типовых узлах аналогового аудиотракта, в том числе в фонокорректорах проигрывателей для воспроизведения виниловых пластинок. В статье приводится способ реализации АЧХ фонокорректора по спецификации RIAA, собранного на стержневых электронных лампах. Подробное описание и особенности ламп стержневой конструкции приведены в [1—3]. Здесь отметим некоторые преимущества их применения как в целом, так и в корректирующих предварительных усилителях НЧ.

1. Сравнительно невысокая рабочая температура баллона лампы (не более +85 °С, обычно около +40...50 °С).

2. Небольшие массогабаритные показатели, диаметр баллона — 8...10 мм, масса — 4...5,5 г.

3. Наличие гибких выводов для монтажа на плату.

4. Устойчивость к вибрациям и существенно меньшее проявление микрофонного эффекта из-за большей жёсткости конструкции (отсутствие сеток).

5. Малый ток накала (типовые значения — десятки миллиампер).

6. Высокая эффективность использования катодного тока (0,9...0,98 против 0,65...0,85 у обычных "сеточных" ламп).

7. Малые значения межэлектродных ёмкостей, особенно проходной, что позволяет свести к минимуму проявление эффекта Миллера, высокие входное и выходное сопротивления.

8. Низкий уровень шума, обусловленный малыми значениями токов вторых электродов. Зависимость уровня шума от напряжения второго электрода имеет явно выраженный минимум при напряжении 30...50 В. Зависимость уровня шума от напряжения управляющего электрода выражена слабо.

9. Сравнительно небольшие значения напряжения перегиба пентодной АЧХ (20...30 В), что даёт возможность нормальной работы при небольших анодных напряжениях.

10. Крутизна характеристики имеет наибольшее значение при напряжении на экранирующем электроде, близком по значению к анодному напряжению, и мало изменяется при изменении анодно-экранного напряжения.

11. При использовании этих ламп в триодном режиме обязательным является соединение защитного электрода с катодом. Также не допускается подача на этот электрод положительного напряжения в пентодном режиме. Невыполнение этого условия приводит к нарушению фокусировки электронного потока.

Преимущества стержневых ламп наиболее явно проявляются в носимых приёмно-усилительных устройствах с батарейным питанием, однако и в стационарных устройствах звукового диапазона позволяют реализовать интересные схемные решения с достаточно высокими параметрами.

Основные технические характеристики

Номинальное входное напряжение, мВ	3
Номинальное выходное напряжение, мВ	500
Входное сопротивление, кОм	47
Входная ёмкость, пФ	220
Выходное сопротивление, кОм, не более	20
Отклонение АЧХ от стандартной RIAA, дБ, не более	±1
КНИ при номинальном входном напряжении, %, не более	0,3
Перегрузочная способность (на частоте 1 кГц при появлении в спектре пятой гармоники и КНИ не более 2 %), дБ, не менее	17
Уровень шума (невзвешенный), дБ, не более	–66
Уровень фона, дБ, не более	–54
Переходное затухание между каналами, дБ, не менее	54
Разброс коэффициента усиления между каналами (без предварительного подбора элементов при условии разброса по электрическим параметрам не более ±10 %), дБ, не более	±2
Время готовности (при отклонении анодных напряжений от номинальных не более ±10 %), мин, не более	5

Фонокорректор используется в качестве замены штатного предусилителя проигрывателя "Арктур-006". Это объясняет некоторые особенности схемных и конструктивных решений. Однако он с успехом может быть применён в составе любого комплекса аудиотехники со звуковоспроизводящими головками типа MM или High MC с номинальным выходным напряжением 3...5 мВ при условии установки корректирующего конденсатора соответствующей ёмкости и, при необходимости, резистора. Уровень номинального выходного напряжения и выходное сопротивление фонокорректора позволяют подключать его напрямую к темброблоку УМЗЧ с входным сопротивлением не менее 100 кОм без дополнительных усилительных или согласующих устройств. Например, в авторском варианте используется темброблок с ДУ по Wi-Fi [4].

Схема одного канала фонокорректора и блока питания приведена на **рис. 1**. Схемы обоих каналов идентичны. Это классический вариант двухкаскадного усилителя НЧ с ёмкостной связью без общей ООС. Сигнал с головки BS1 поступает непосредственно на управляющий электрод пентода VL1 1Ж18Б. Входные сопротивление и ёмкость усилителя практически полностью определяются элементами R2 и C3 соответственно. Катод VL1 имеет гальваническую связь с общим проводом, поэтому АЧХ каскада в области НЧ определяется только цепями частотной коррекции. Стандартная цепь коррекции АЧХ R3R4C5C6 подключена непосредственно в качестве анодной нагрузки лампы VL1. Благодаря высокому выходному сопротивлению пентода на рабочем участке ВАХ (несколько мегаом) передаточная АЧХ каскада также полностью определяется элементами пассивной коррекции. Такое решение позволяет, во-первых, ещё более снизить проявление эффекта Миллера из-за уменьшения усиления на ВЧ, во-вторых, сохранить хорошую перегрузочную способность с ростом частоты по той же причине.

К слову, для оценки перегрузочной способности усилителя использовался достаточно жёсткий критерий появления пятой гармоники в спектре выходного сигнала (т. е. когда её уровень превысит уровень шумов). Усилитель при этом не входит в режим ограничения сигнала, а общий КНИ не превышает 2 %. Изменение сопротивления анодной нагрузки переменному току практически не влияет на КНИ на выбранном участке ВАХ, и он не превышает 0,3 % во всём диапазоне частот. При номинальном входном напряжении в спектре присутствует только вторая гармоника (**рис. 2**). С ростом уровня входного сигнала до +4 дБ появляется четвёртая гармоника, нечётные гармоники в спектре по-прежнему отсутствуют, а КНИ составляет 0,4...0,5 % (**рис. 3**). Спектр выходного сигнала при уровне +17 дБ показан на **рис. 4**. При этом определяющими являются амплитуды второй и третьей гармоник. Уровни четвёртой и пятой составляют около 0,1 % и 0,06 % соответственно.

С выхода первого каскада (анода лампы VL1) сигнал поступает на управляющий электрод лампы VL2 через конденсатор C7. Сопротивление резистора утечки R5 в цепи этого электрода должно быть не менее 150 кОм и не более 1 МОм. Второй каскад выполнен по схеме с динамической нагрузкой с

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

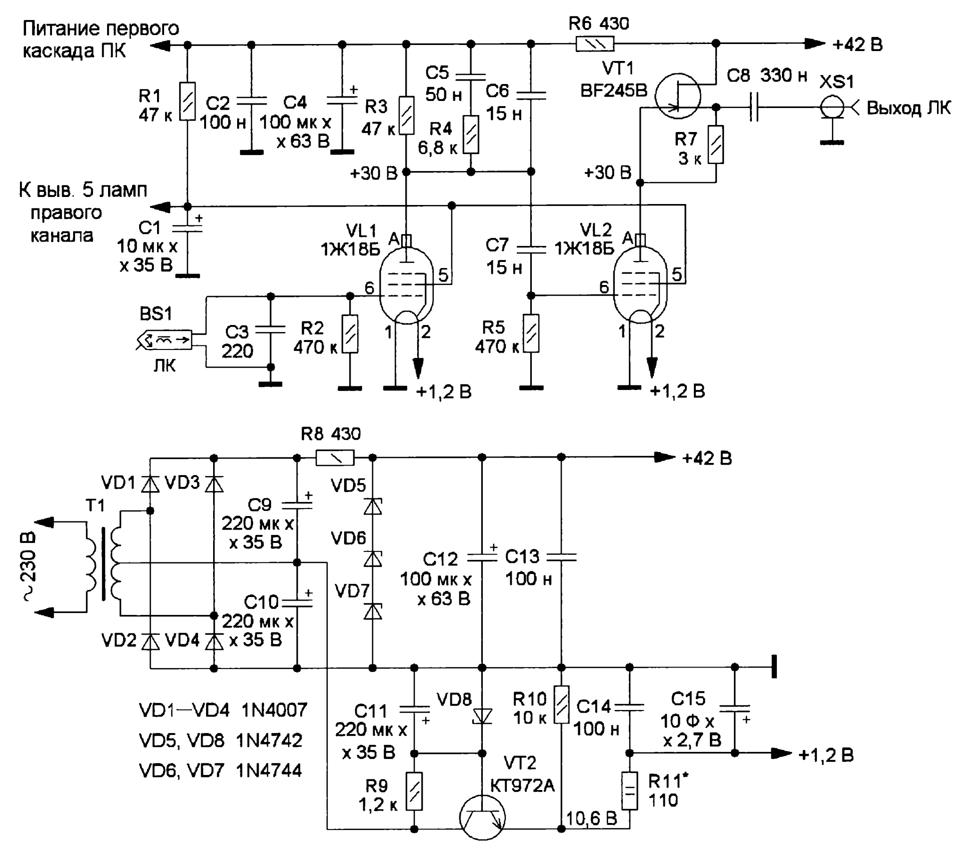


Рис. 1

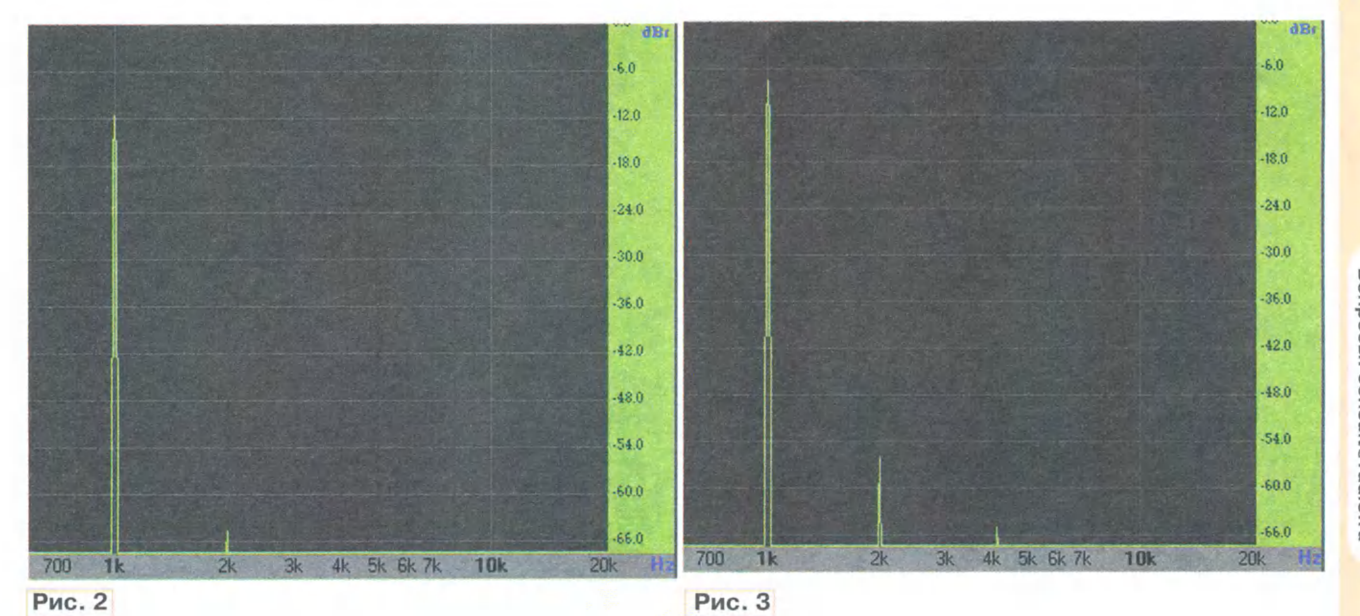


Рис. 2

Рис. 3

целью реализации максимального коэффициента усиления. Динамическая нагрузка выполнена на полевом транзисторе VT1, включённом как истоковый повторитель. Выходной сигнал с его истока поступает в нагрузку через конденсатор C8.

Питание усилителя осуществляется от двухполупериодного выпрямителя на диодах VD1—VD4 и сглаживающих конденсаторах C9, C10, к средней точке которого подключён узел питания цепей накала ламп.

В усилительных каскадах на прямонакальных лампах с высоким усилением особый вопрос заключается в критичности величины пульсаций напряжения накала, поскольку напряжение пульсаций оказывается приложено непосредственно к входу устройства и усиливается вместе с полезным сигналом. Для получения удовлетворительного уровня фона при номинальном входном напряжении 3...5 мВ необходимо обеспечить уровень пульсаций не более нескольких микровольт. В этой конструкции эта задача, в основном, решается применением ионистора в цепи накала ламп. Питание нитей накала осуществляется от простого стабилизированного источника напряжения, собранного на элементах VT2VD8R9R10C11, через резистор R11, который, во-первых, ограничивает зарядный ток ионистора и, соответственно, ток нагрузки стабилизатора. Во-вторых, предотвращает перегорание нитей накала ламп при возможном пробое транзистора VT2. В-третьих, значительно облегчает тепловой режим транзистора VT2, рассеивая примерно половину "лишней" мощности. Суммарный ток накала ламп не превышает 100 мА. Время готовности устройства зависит от постоянной времени R11C15 и определяется по достижению напряжения накала 0,95 В. При этом отклонение значений анодных напряжений от номинальных не превышает ±10 %.

Питание анодных цепей осуществляется через классический параметрический стабилизатор напряжения VD5—VD7R8C12C13 с межкаскадным фильтром R6C2C4. Комплекс принятых мер позволяет получить значение уровня фона не более –54 дБ, характерное для ламповых конструкций. Без использования стабилизатора в цепи накала, только с балластным резистором сопротивлением 180...200 Ом, уровень фона не превышает –48 дБ.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Экранирующие электроды всех ламп соединены вместе, напряжение смещения на них задано сопротивлением резистора R1. По переменному току они подключены к общему проводу через конденсатор C1.

Причина, по которой предпочтение в целом отдано стержневому пентоду перед, например, нувистором (миниатюрным малошумящим триодом), — это сочетание большого коэффициента усиления и высокого выходного сопротивления, благодаря чему удаётся сократить необходимое число каскадов и применить способ частотной коррекции в анодной нагрузке. Из всех стержневых пентодов 1Ж18Б является лампой с минимальным значением эквивалентного шумового сопротивления, что позволяет получить хорошее соотношение сигнал/шум. Также этот пентод обладает малым значением тока анода при нулевом смещении и хорошей симметрией характеристик при напряжении смещения, равном напряжению накала (1,2 В). Режимы ламп выбраны исходя из условия обеспечения минимального уровня шума и малого значения КНИ.

Конструкция. Фонокорректор собран на макетной монтажной перфорированной плате размерами 100×58 мм с шагом отверстий 2,54 мм. Расположение на ней элементов показано на **рис. 5**. На плате размещены также ионистор C15 и элементы цепей питания VD5—VD7, C12—C14. Монтаж следует производить с соблюдением требований, предъявляемых обычно к усилителям НЧ с высокой чувствительностью по входу, и с учётом особенностей конструкций на стержневых лампах [1]. Готовый узел фонокорректора размещают в экране с внутренними размерами 100×58×20 мм из листовой стали толщиной 1 мм, штатно установленном в проигрывателе "Арктур-006". Корпус соединяют с общим проводом фонокорректора в одной точке, к которой также подключают минусовый провод питания от выпрямителя. Выпрямитель, в свою очередь, собран на штатной печатной плате блока питания усилителя-корректора, с которой предварительно удалены все элементы, за исключением выпрямительных диодов VD1—VD4. Новые элементы установлены методом навесного монтажа с использованием существующих контактных площадок. Транзистор VT2 снабжён теплоотводом в виде пластины из алюминия толщиной 3 мм и размерами 21×17 мм. Ввиду простоты схемы выпрямителя размещение его элементов на плате не приводится. Для питания трансформатора T1 используются штатные цепи питания проигрывателя. При монтаже следует помнить, что общим проводом нового фонокорректора является минусовая линия источника питания, а штатного — его средняя точка.

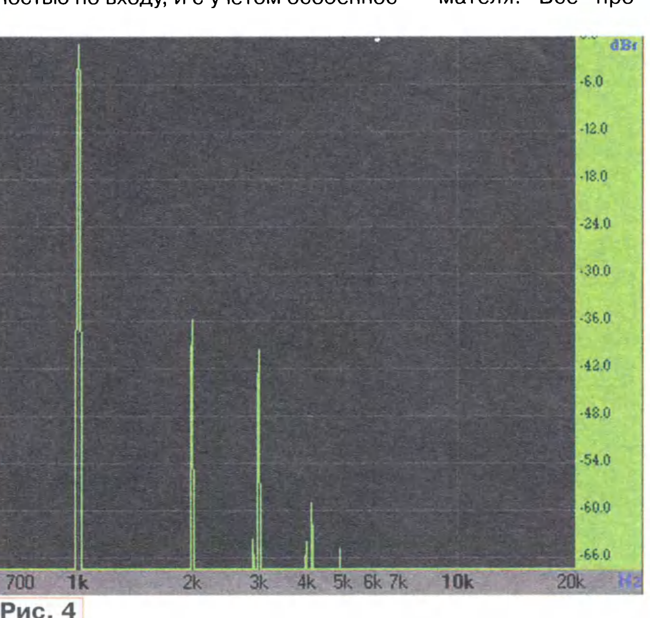


Рис. 4

Разъёмы XS1 обоих каналов выведены в корпусные отверстия штатных разъёмов и размещены на пластине из гетинакса толщиной 1 мм, закреплённой на корпусе проигрывателя винтовыми соединениями М3. Для их подключения используются выводы конденсатора C8 и/или короткие (до 2 см) отрезки гибкого монтажного провода. Для подключения входных цепей используются штатные экранированные провода от разъёма звукоснимателя. Все проводные соединения выполнены гибким многожильным проводом МГТФ-0,12, за исключением цепей накала, для них использован провод МГТФ-0,35.

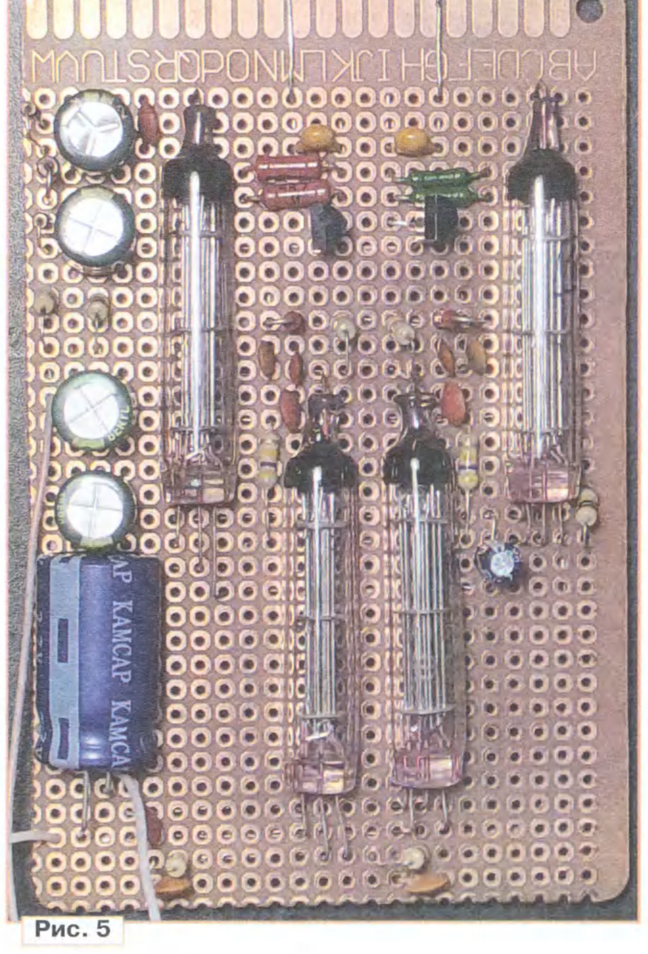


Рис. 5

Налаживание правильно собранного усилителя начинают с установки напряжения накала. Для этого сначала размыкают цепь питания анодов в точке соединения резистора R8 и конденсатора C9 и цепь накала отключением нижнего (по схеме) вывода резистора R11. Подав напряжение питания, убеждаются в наличии напряжения +10,6 В ±5 % на резисторе R10. Для ускорения процесса дальнейших измерений временно заменяют ионистор оксидным конденсатором ёмкостью 220...1000 мкФ на напряжение 6,3 В и восстанавливают подключение резистора R11. Подборкой этого резистора добиваются напряжения накала +1,2 В ±10 %. Восстановив цепь анодного питания, убеждаются в наличии напряжения +42 В на конденсаторе C12. Затем подборкой резистора R1 устанавливают напряжение на анодах ламп VL1 обоих каналов +30 В ±10 %. При этом на экранирующих электродах должно быть напряжение +30...35 В. При разбросе анодных напряжений VL1 разных каналов менее ±10 % налаживание продолжают. При разбросе до ±20 % рекомендуется установить дополнительный резистор между резистором R1 и экранирующим электродом лампы с меньшим анодным напряжением. Сопротивление этого резистора подбирают по равенству значений анодного напряжения в каналах. При этом экранирующий электрод шунти-

руют по переменному току на общий провод подключением дополнительного конденсатора ёмкостью 4,7...10 мкФ на напряжение не менее 50 В. При разбросе анодных напряжений более ±20 % лампу с более высоким анодным напряжением следует заменить. Затем временно устанавливают в анодную цепь лампы VL2 вместо комплексной динамической нагрузки VT1R7 каждого канала резистор сопротивлением 47 кОм и убеждаются в том, что значение анодного напряжения составляет +30 В ±10 %. При необходимости корректируют сопротивления смещения экранирующих электродов. В случае недостаточного для подбора числа ламп с большим разбросом параметров рекомендуется установить отдельные резисторы смещения на экранирующий электрод каждой лампы. В завершение восстанавливают динамическую нагрузку в аноде лампы VL2 и её анодное напряжение устанавливают подборкой резистора R7 для каждого канала. Если подобранные сопротивления резисторов отличаются более чем на ±20 %, рекомендуется подобрать также полевые транзисторы по напряжению отсечки и начальному току стока. На этом налаживание считают законченным и устанавливают ионистор. Контроль напряжений накала и анодов при подключённом ионисторе можно проводить не ранее, чем через 5 мин после включения устройства.

Детали. Стержневые пентоды 1Ж18Б можно заменить пентодами 1Ж24Б без изменений в номиналах других элементов, за исключением резистора R1, его сопротивление надо увеличить примерно вдвое. При этом возможно некоторое снижение коэффициента усиления, увеличение КНИ и уровня шума и уменьшение уровня фона. Полевые транзисторы BF245B можно заменить транзисторами BF245C или отечественными серии КП303 с напряжением отсечки 1,5...4 В и начальным током стока 5...15 мА. Транзистор КТ972А можно заменить составным из транзисторов серий КТ3102 и КТ817 с любыми буквенными индексами или серий ВС547, BD139. Выпрямительные диоды VD1—VD4 могут быть серий КД105, 1N4002—1N4007. Стабилитроны VD5 и VD8 — КС512А, 1N4741—1N4743 с напряжением стабилизации 11...13 В при токе 10 мА, стабилитроны VD6, VD7 — КС515Г, 1N4744. Все постоянные резисторы — С2-33Н или МЛТ. Оксидные конденсаторы — К50-35, К50-68 или аналогичные импортные, неполярные конденсаторы — К10-17б на напряжение 63 В. Ионистор С15 — VEC3R0106QG или аналогичный, ёмкостью 4,7...10 Ф на напряжение 2,7 В с гибкими выводами. Разъём XS1 — гнездо RCA ("тюльпан") позолоченный.

В качестве трансформатора Т1 может быть использован любой малогабаритный с напряжением вторичной обмотки 2×18 В при токе нагрузки не менее 0,2 А. Предпочтительно применить экранированный трансформатор.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Суханов В., Киреев А.** Стержневые лампы. Принцип работы и конструкция. — Радио, 1960, № 7, с. 34—38.

2. **Азатьян А., Пароль Н.** Параметры стержневых ламп. — Радио, 1960, № 7, с. 38.

3. **Суханов В., Киреев А.** Стержневые лампы. Особенности применения. — Радио, 1960, № 10, с. 49—52.

4. **Панкратьев Д.** Темброблок с Wi-Fi ДУ через Web-интерфейс. — Радио, 2021, № 8, с. 16—19.

Микросборка маломощного УМЗЧ

Д. ЗАХАРОВ, г. Оренбург

Возможно, что некоторые технические решения для изготовления микросборок, но уже с элементами для поверхностного монтажа (SMD), изложенные в статье, окажутся полезными для широкого круга радиолюбителей. Целью были разработка и изготовление собственной гибридной микросборки УМЗЧ со всеми элементами обвязки и с минимальными размерами.

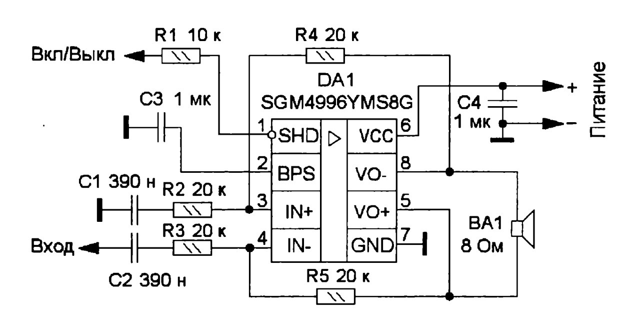


Рис. 1

В качестве основы УМЗЧ использована микросхема серии SGM4996 в корпусе TDFN8 (размеры — 3×3 мм), имеющая следующие параметры: максимальная выходная мощность — 1,3 Вт; номинальное сопротивление нагрузки — 8 Ом; напряжение питания — 2,5...5,5 В; коэффициент нелинейных искажений на частоте 1 кГц при выходной мощности 0,6 Вт и напряжении питания 5 В — 0,013 %. Микросхема с мостовым выходом имеет встроенную защиту от коротких замыканий и перегрева.

Здесь следует остановиться на одной особенности. Производитель изготавливает микросхему SGM4996 в корпусе TDFN (с десятью выводами). Автору попался или заказной вариант, или аналог другого завода-изготовителя в корпусе с восемью выводами. Вместе с тем существует полный аналог другой фирмы с маркировкой TS4990IQT и именно в корпусе TDFN8. Он доступен в продаже через интернет-магазины и может быть рекомендован в качестве замены.

Рассматривать схему и работу собственно усилителя не имеет смысла, так как похожие конструкции уже подробно рассматривались на страницах журнала, например в [1]. Рекомендуемая схема включения микросхемы SGM4996 в корпусе TDFN8 приведена на **рис. 1**.

Эта схема и планировалась для изготовления микросборки. Есть лишь одно важное замечание. В цепи управления режимом "Standby" установлен резистор с позиционным обозначением R1. В техническом описании микросхемы производитель рекомендует, чтобы сопротивление этого резистора было не менее 10 кОм. Обратите на это внимание при повторении конструкции.

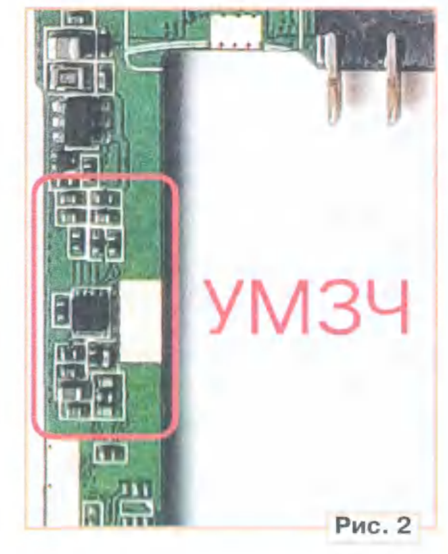


Рис. 2

РАДИО® ЗВУКОТЕХНИКА
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Хотелось бы отметить, что разбирать сделанные на заводе платы порой не менее увлекательное и познавательное занятие, чем разрабатывать и изготавливать собственные. Не стал исключением и вышедший из строя сотовый телефон, ставший донором деталей, в том числе и микросхемы (**рис. 2**). Восстановленная по печатной плате схема УМЗЧ (**рис. 3**) и была использована как основа для изготовления микросборки. Здесь было выявлено одно интересное техническое решение китайских инженеров, это — исполнение цепочки Буше-Цобеля L1C3 и L2C4). Наиболее частый вариант её реализации — последовательная цепь из резистора и конденсатора, подключенная параллельно динамической головке. В более полной цепи Буше-Цобеля перед цепью из резистора и конденсатора установлена катушка индуктивности. Инженеры из Поднебесной выбрали вариант такой цепи без резистора. Подобные схемы можно встретить, но очень редко. В принципе, в маломощных УМЗЧ номинал резистора этой цепи нередко всего лишь 1 Ом. Так как с усилителем, имеющим максимальную выходную мощность 1,3 Вт, гнаться к показателям Hi-End аппаратов бессмысленно, в условиях ограниченных размеров печатной платы, почему бы и не принять такое решение как вполне приемлемое. Поэтому микросборка УМЗЧ была собрана по схеме на **рис. 3**.

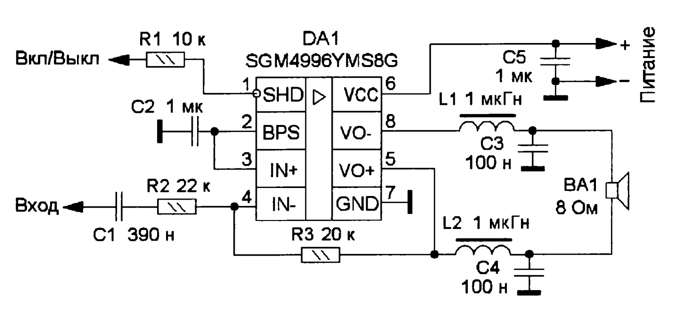


Рис. 3

С элементной базой и схемотехникой будущего усилителя мы определились довольно легко. А вот сам процесс изготовления контактов для будущей микросборки — задача для радиолюбителя нетривиальная. В настоящее время широкое распространение получила технология пайки плат с так называемыми торцевыми контактами — Half-cut/ Castellated holes (**рис. 4**), которые представляют собой металлизированные полуотверстия. Но металлизация отверстий — непростая для радиолюбителей технология. Казалось бы, надо забыть про этот вариант контактов для микросборки. Но путём небольшой модификации подхода к реализации такой задачи он оказывается в техническом исполнении даже проще, чем запрессовка наборных штифтов (из множества слоёв медной фольги) в отверстия.

В качестве будущих боковых (торцевых) контактов можно использовать медный провод диаметром 1 мм. Кроме того, подойдут и медные лужёные штырьки со старых плат, выполнявших функцию контрольных точек при налаживании электронного прибора на заводе. Например, с платы старого телевизора. Они несколько толще — от 1,1 до 1,5 мм. Для нашей микросборки понадобится нарезать из таких штырьков шесть отрезков длиной 2 мм (с учётом толщины печатной платы в 1,5 мм). По одному устанавливаем штырьки в отверстия и расклёпываем их. В процессе клёпки длина штырька будет уменьшаться, а из-за деформации металла увеличится толщина и произойдёт его самофиксация в отверстии. В совокупности с создавшимися при клёпке шляпками это обеспечит надёжное крепление будущего вывода внутри отверстия в плате. Верхнюю шляпку клёпки можно больше не трогать, а нижнюю необходимо сточить до выравнивания с плоскостью платы. С помощью инструмента, под названием бородок, шляпки штифтов приобретают особенно красивую округлую форму. Только удары не должны быть сильными, поскольку медь — очень мягкий металл.

Далее с помощью пайки делаем верхнее соединение клёпки в отверстии с печатным проводником печатной платы, создавая в дополнение к механическому ещё и надёжное электрическое соединение. На следующем этапе формируем необходимые нам по замыслу торцевые металлические контактные поверхности микросборки. Для этого надфилем постепенно и аккуратно стачиваем боковые стороны платы до открытия тела медного штырька на ширину 0,5 мм (**рис. 6**). Хотя это и не полуотверстие, как на заводе, но отличный боковой контакт получился. Далее поверхность покрываем флюсом и облуживаем. После монтажа деталей микросборка готова. На **рис. 7** она показана в центре. Итоговые размеры печатной платы — 7,5×7 мм.

Теперь такую микросборку можно легко устанавливать на плату разрабатываемого вами устройства. К тому же делать это будет удобнее паяльником, нежели феном, и нет риска повредить микросхему. Также, на основе чертежа платы, легко создать шаблон контактных площадок микросборки в программе и использовать его в своих проектах.

Рис. 4

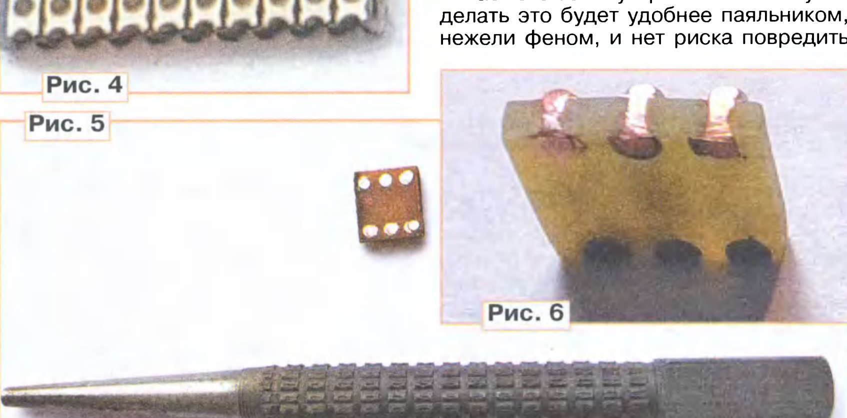


Рис. 5

Рис. 6

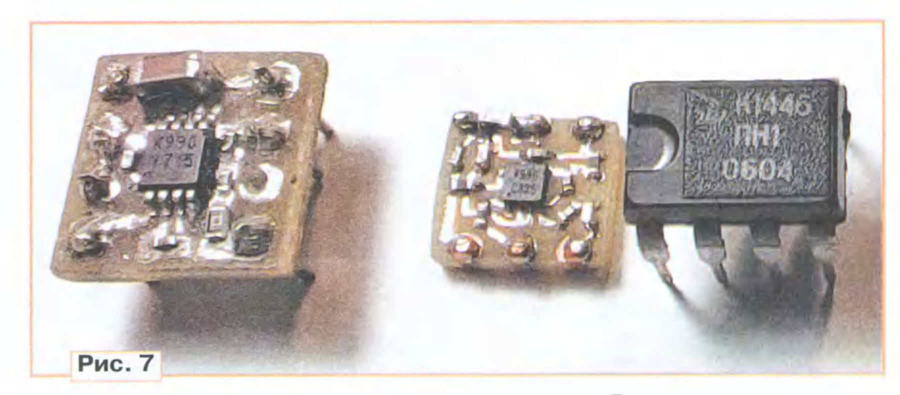


Рис. 7

В качестве заготовки для платы использован отрезок фольгированного стеклотекстолита размерами 7,5×8 мм и толщиной 1,5 мм. Можно взять отрезок с несколько большими размерами, а потом излишки можно будет сточить. Перенос рисунка производился по традиционной лазерно-утюжной технологии без особенностей. Качество готовой платы получилось хорошим.

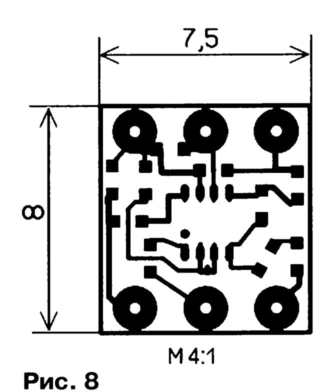


Рис. 8

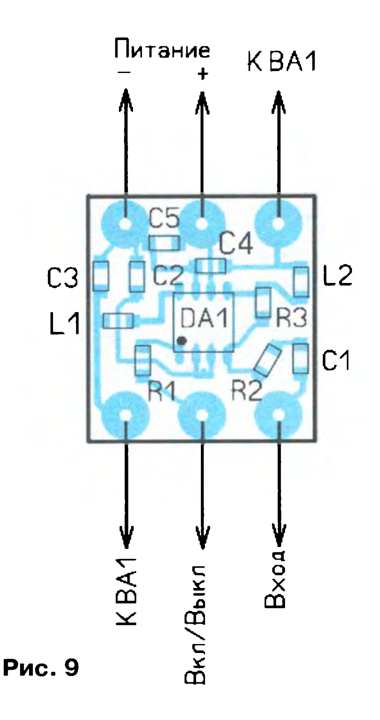


Рис. 9

Чертёж печатной платы показан на **рис. 8**. Применены элементы для поверхностного монтажа типоразмера 0402. Схема размещения элементов на плате показана на **рис. 9**.

Несколько слов об особенностях монтажа. Признаюсь честно, получилось всё не с первого раза. Ошибка всего лишь в 0,2 мм при разводке контактов для выводов микросхемы привела к полному провалу. Вторая попытка и новая плата с правильными размерами стали успешными. Поначалу показалось, что лучшие помощники — паяльная паста и паяльный фен. Однако нет. Детали малых размеров лучше паять методом групповой пайки в специальных паяльных печах с микроконтроллерным управлением процесса разогрева по термопрофилям и с нанесёнными под детали клеем и паяльной маской на плату. Иначе поверхностное натяжение расплавленного металла стягивает детали со своих мест. Проблема вызвана невозможностью точной дозировки наносимой паяльной пасты в домашних условиях и связанным с этим разнесением по времени её плавления в разных точках пайки.

Тем не менее, отличный результат дали применение паяльника с жалом T12-ILS и установка температуры пайки в 320 °C. У этого жала очень тонкий наконечник — менее 1 мм в диаметре. Микросхема и все элементы обвязки были припаяны без касания к выводам, а только к печатным проводникам. Паяльная паста замечательно плавится с расстояния 1 мм от точки её нанесения идущим по фольге теплом. Соединение получается красивым и качественным. Детали необходимо фиксировать пинцетом до момента остывания. Трудоёмко? Да! Но, учитывая размер деталей и то, что под некоторыми из них проходят печатные проводники, ручная контролируемая пайка даёт наилучший конечный результат.

Внимание, паяльную пасту между выводами микросхемы ваткой со спиртом или растворителем не отмыть. Мелкие шарики припоя всё равно остаются на месте и грозят в последующем замыканием. Я привязал смонтированную плату на нитку и промывал в обезжиривателе, хорошо встряхивая флакон так, чтобы было как можно больше мелких пузырьков! Этот способ показал хорошую эффективность.

Если есть желание, можно залить сверху монтаж, например, эпоксидным клеем, и получить реальную собственную микросборку. И даже промаркировать её на своё усмотрение. И не забудьте про финальную точку во всех значениях этой фразы — маркировку первого вывода микросборки.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Захаров Д.** УМЗЧ "на ногте пальца". — Радио, 2020, № 6, с. 6—9.

2. SGM4996 1.3W Fully Differential Audio Power Amplifier with Selectable Shutdown. — URL: **http://www.sg-micro.com/uploads/soft/20190626/1561532119.pdf** (16.03.22).

__От редакции__. Чертежи печатной платы в авторском и редакционном вариантах находятся по адресу __http://ftp.radio.ru/pub/2022/05/usil.zip__ на нашем FTP-сервере.

"Убить ДРАКОНА"

Глубокая модернизация магнитофонов-приставок "Маяк"

О. ЛЕБЕДЕВ, г. Москва

Статья продолжает тему, затронутую в [1]. Но если предыдущий автор предложил вариант доработки магнитофона-приставки "Маяк" и замену механического счётчика расхода ленты на электронный, то здесь автор предлагает вариант кардинальной модернизации всего аппарата. Она включает введение сквозного канала и калибратора, состоящего из узлов, позволяющих произвести поканальную настройку токов записи и подмагничивания, эквализации на любую ленту, не прибегая к внешним измерительным приборам.

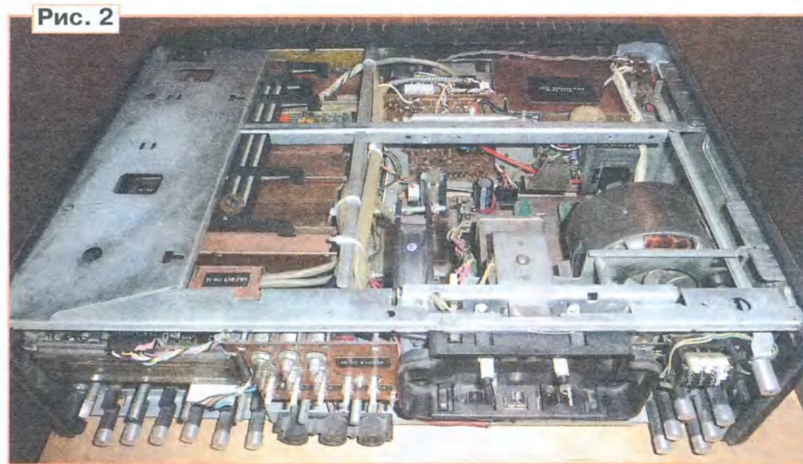
На дворе XXI век, в мире индустрии для прослушивания музыки во всю господствуют айфоны, Интернет и компьютерные технологии. Даже традиционные форматы CD-A и DVD почти забыты. Однако на фоне зарождающегося во всём мире ренессанса механической записи (винила) заметен и подъём интереса к ленточным носителям, аппаратуре катушечной и кассетной магнитной записи, в частности выпускаемой в своё время отечественными производителями [1].

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 5, 2022

В период "золотой эры аудио" (70-е—90-е гг.) катушечные и кассетные деки были одними из основных устройств звуковоспроизведения. В начале 80-х известная японская фирма Nakamichi объявила о выпуске нового кассетного магнитофона Nakamichi Dragon. По сути, он стал венцом творения фирмы, объединив в себе лучшие традиции механики и схемотехники дек и передовые решения в части сервисной автоматики. В 1985 г. он впервые был представлен в СССР на выставке "СВЯЗЬ". В то время наши сограждане для прослушивания музыки в 99 % случаев использовали аппаратуру отечественного производства. А так как в нашей стране, ввиду определённой политической доктрины ("первым делом самолёты"), элитная бытовая техника считалась предметом роскоши, ей не уделялось достаточного внимания. Средства на разработку практически не выделялись, сроки ставились ограниченные, и поэтому отношение разработчиков к ней было соответствующим — по остаточному принципу. В результате продукция иногда оказывалась недостаточно доработанной и надёжной. Это всё привело к появлению довольно большой армии самодельщиков, сделавших своим хобби конструирование и создание изделий звуковой техники.



Рис. 1


Рис. 2

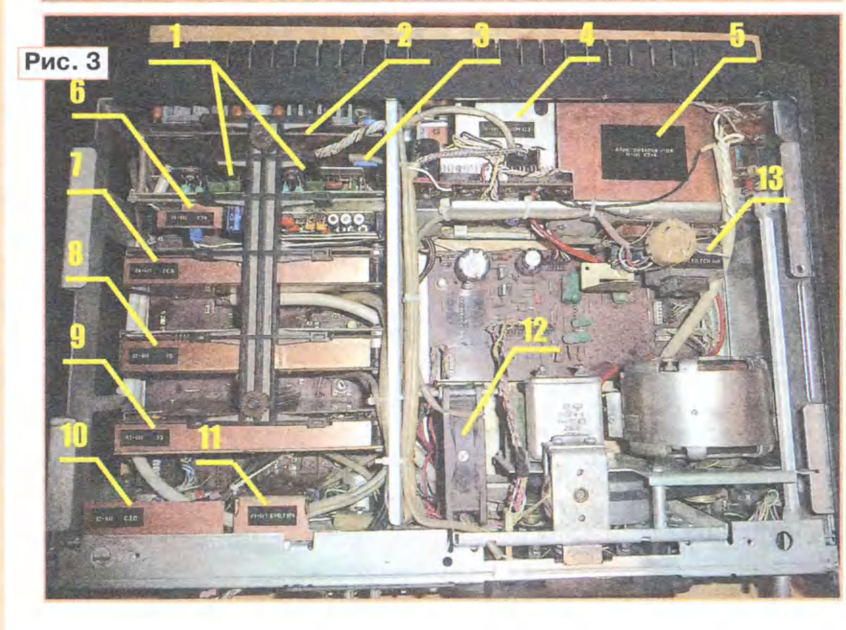


Рис. 3

Примерно в это же время, в 1988 г., на экраны вышел фильм М. Захарова "Убить Дракона" по пьесе Е. Шварца. В нём повествуется о суровом правителе королевства — Драконе, которого поддерживало большинство населения несмотря на его деспотизм и тиранию. И когда Дракон был повержен главным героем фильма, то всё население королевства отнеслось к этому неоднозначно и стало считать его своим новым драконом... Всё повторилось... Таким образом, фильм получился очень аллегоричным и заставлял задумываться о многих аспектах жизни. Так, например, многие схемотехнические решения, применённые в отечественной аппаратуре энтузиастами и любителями звуковой аппаратуры, в принципе, были не хуже западных. Однако об этом многие забывают, а многие сейчас и вообще не знают...

В своё время занятие радиолюбительством не обошло и автора этой статьи, от увлечения конструированием магнитофонов в 80-х—90-х гг. остались кое-какие узлы и механизмы. И согласно теории о том, что история развивается по спирали, в середине 2000-х гг. нового столетия было принято решение использовать эти "остатки" на новом, так сказать, историческом витке и окончательно развеять миф о несостоятельности нашей аппаратуры. Задачей ставилось изготовление аппарата со сквозным каналом и развитой калибровкой под любой тип ленты, с параметрами на уровне импортной топовой деки, на отечественной элементной базе, без применения каких-либо современных технологий, микропроцессоров и компьютерной техники. Единственным "послаблением" было применение импортного комплекта головок, так как достать отечественные оказалось гораздо сложнее, чем импортные.

Для того чтобы "сыграть на контрасте", за основу был взят самый распространённый в СССР магнитофон "Маяк", по количеству рекламаций не имевший конкуренции ни с одной зарубежной декой. Можно вспомнить девушку с ч/б фотографии в журнале "Радио" (1986 г., № 10, с. 22), с тоской взиравшую на груду "Маяков", ждущих отправку на завод-изготовитель.

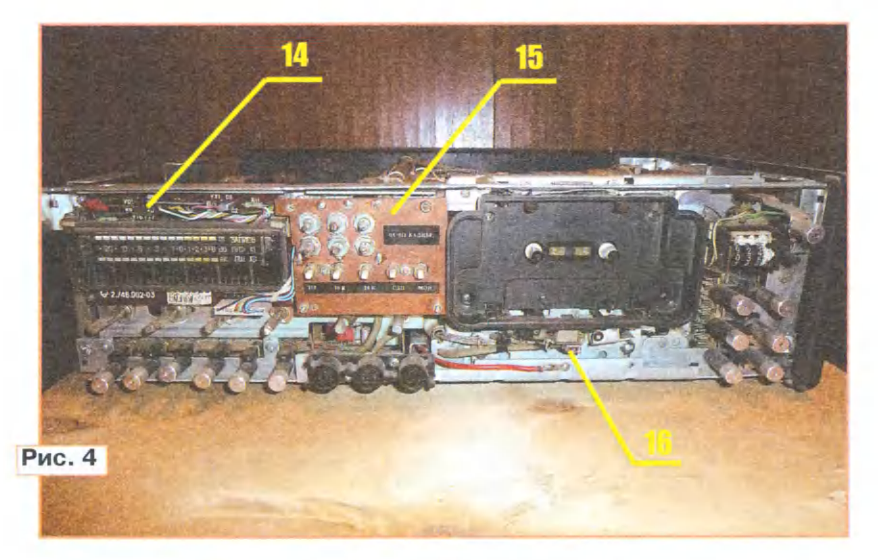


Рис. 4

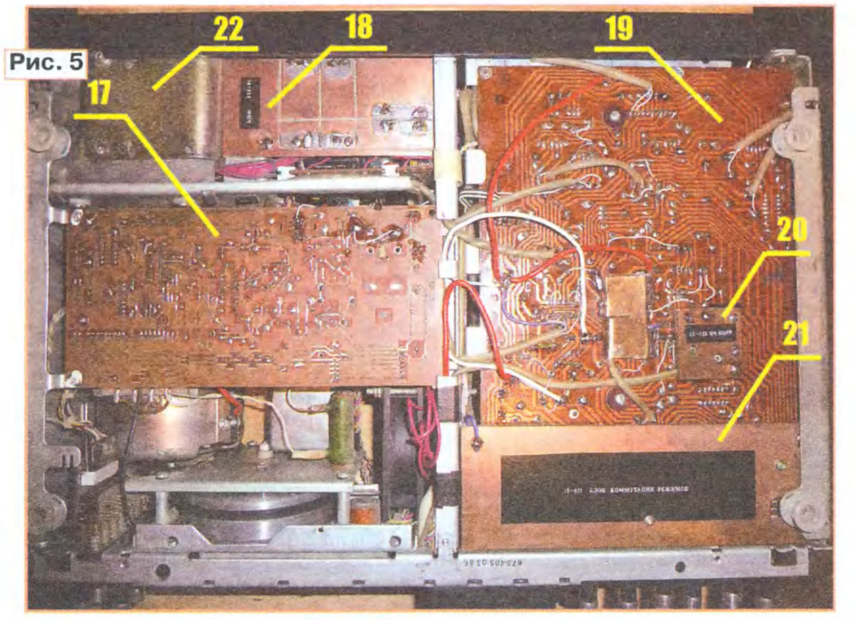


Рис. 5


Рис. 6

Ассоциативность и аналогия с известным фильмом подвигли начать проект под названием "Dragon Killer" (**рис. 1** и **рис. 2**). Естественно, "положить на лопатки" именно Nakamichi Dragon не предполагалось из-за сложности изготовления системы автоазимута, но задача потягаться со среднестатистическим магнитофоном фирмы Nakamichi в части звука была априорно решаема.

Далее будет кратко представлена конструкция с перечнем основных модернизаций и приведены результаты измерений, а также более подробно описан один из узлов модернизированного магнитофона. Основные узлы указаны на приведённых фото (**рис. 3—рис. 5**) пронумерованными позициями.

В начале в магнитофоне были устранены все заводские косяки, собранные за 20 лет с момента начала производства. Многие из них были описаны в журнале "Радио", в частности в [2—4]. Это перенос токостабилизирующих резисторов 24 кОм с платы усилителя записи (УЗ) на материнку, устранение помехи от ГСП и помехи от сегмента "Микрофон" индикатора уровня установкой дополнительных конденсаторов, экранирование платы индикатора с тыльной стороны и т. д.

В лентопротяжном механизме были ослаблены все тяговые моменты на фрикционных узлах примерно вдвое и приведены к значениям, характерным для аппаратов 1 и 0 групп сложности.

Далее была проведена "хирургическая операция" на материнской плате (**поз. 19**) для перевода магнитофона из режима двухголовочного магнитофона в режим работы со сквозным каналом путём перерезания дорожек в районе реле коммутации головок и изготовления двух новых кабелей для работы с новыми головками. Позже при дальнейшей модернизации некоторые проводники материнской платы были перенесены в другое место с использованием экранированных проводов. Также была изменена разводка проводников общего провода и найдены точки для их соединений с корпусом для минимизации фоновых наводок. Блок коммутации типов лент переработан с учётом работы с лентой типа "Metal" и экранирован (**поз. 21**). Также закрыты металлическими экранами токоограничивающие резисторы и резисторы регулировки добротности входной цепи (**поз. 20**). Микросхема К547КП1, находящаяся на материнской плате в цепи ответвления сигнала на запись, была заменена на реле РЭС60. Боковые панели корпуса обшиты тонким металлическим листом, верхняя пластмассовая крышка заменена на металлическую, аналогичную нижней. Корпус усилен серединной распоркой для крепления металлической стенки, отделяющей ЛПМ от блока питания. Сверху, в левой части корпуса, где расположены платы, установлен дополнительный экран. В передней лицевой панели сделаны П-образный вырез под верхний отросток стола каретки, отверстия под оси подстроечных резисторов калибратора и толкатели кнопок включения режимов "СДП" и "Монитор".

Лентопротяжный механизм (ЛПМ)

В новом аппарате были применены головки фирмы Canon — сэндвич ГУ+ГЗ, аналогичные применяемым в топовых магнитофонах "Айва", и стирающая двухзазорная, применяемая в магнитофонах "Яуза-220С". К слову, штатный ГСП магнитофона "Маяк" позволяет использовать любые сендвичи Canon (пермаллоевые, сендастовые и аморфные) как со стандартной индуктивностью 20 мГн записывающей секции, так и с низкоиндуктивной — 3 мГн. На **рис. 6** приведены сквозные головки Canon. Они встречаются с различными вариантами крепления и расположения направляющих ленты.

Воспроизводящая секция головки была закрыта металлическим кожухом (**поз. 16**) от наводок со стороны ГЗ. Головки закреплены на столе-каретке на штатной пластиковой проставке. Регулировка азимута производится штатно одним винтом, высоты — подкладыванием шайб под второй винт, а "кивок" — подкладыванием шайб под длинный (верхний) отросток стола каретки.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

Узкий прижимной ролик заменён на более широкий. Для стабилизации температурного режима и уменьшения детонации применён малошумящий вентилятор-кулер (**поз. 12**), запитанный от отдельного малогабаритного трансформатора, что позволило избавиться от помех, создаваемых кулером, и разгрузить основной сетевой трансформатор. При охлаждении фрикция в узлах не меняется со временем, и ЛПМ работает намного стабильнее, моменты подмотки/перемотки не возрастают с температурой. Анализ влияния узлов ЛПМ с помощью детонометра и анализатора спектра показал, что серьёзно влияющим на детонацию узлом являются плоский ремень-пассик и узел подмотки. Подбором пассика и существенным ослаблением момента подмотки (примерно до 20 г), вкупе с охлаждением, удалось понизить детонацию вдвое до уверенного значения 0,08...0,1 % DIN (WTD) с тест-кассеты 3150 Гц с собственной детонацией примерно 0,04 %. Скорость была установлена путём подбора выводов первичной обмотки сетевого трансформатора (в моём экземпляре трансформатор имел три отвода: 150, 180 и 220 В). Надо отметить, что напряжение в данном случае влияет на скорость очень слабо. Она определяется в основном частотой сети 50 Гц, а напряжение на двигателе влияет на тяговый момент.

Необходимый охват головки регулируется специальным ограничителем сверху, в который упирается верхний конец стола-каретки с головками. "Утыкание" его в загиб передней лицевой стенки устранён П-образным вырезом в загибе над зоной головки. В целом головка получила на 0,5...1 мм более глубокий заход в кассету и лучший охват её плёнкой, что резко снизило ПАМ и увеличило отдачу.

В данном варианте используется фиксация кассеты в четырёх точках (как в "Маяке-231"), и прижим осуществляется двумя пружинами сверху, что исключает качание кассеты и смещение её вверх-вниз. Всё это обеспечивает очень стабильный азимут.

Также введена светодиодная подсветка кассеты: когда виден правый светодиод — начало плёнки, ничего не видно — середина, виден левый — конец плёнки.

Блок питания

В блоке питания (**поз. 5**) заменены все оксидные конденсаторы фильтра на современные вдвое большего номинала и установлены на отдельной плате ФНЧ (**поз. 18**). Маломощные мосты серии КЦ405 заменены на КЦ410. Далее были отключены цепи, питающие привод электромагнита удержания головок (+10 В) и запитанные от отдельного стабилизированного блока питания +12 В со своим трансформатором (**поз. 4**). Благодаря этому пульсирующая наводка 50 Гц со своими гармониками 100 Гц и 150 Гц, проходящая на линейный выход, снижена с 8 мВ до 2 мВ и не меняется при включении и выключении режима "рабочий ход". Оставшаяся цепь питания +10 В использована для светодиодной подсветки кассеты. При этом основной трансформатор существенно разгрузился и уже не находится в насыщении. Цепь питания люминесцентного индикатора и цепей подъёма головок +42 В, питающаяся от однополупериодного выпрямителя, отфильтрована конденсатором увеличенной ёмкости и экранирована. Однако чрезмерная фильтрация пульсаций питания +42 В снижает усилие подъёма головок вплоть до их неподъёма, поэтому здесь пришлось искать компромисс. Цепи питания ГСП (+15 В) были тоже отключены. Для питания ГСП был изготовлен отдельный стабилизатор напряжением +24 В, питающийся от своего трансформатора (**поз. 13**). От него же был запитан стабилизатор для питания вентилятора (**поз. 12**) охлаждения ЛПМ. Сам трансформатор блока питания был дополнительно экранирован с применением пермаллоевых пластин (**поз. 22**). В блоке управления (**поз. 17**) конденсаторы фильтров тоже заменены на современные.

Усилитель воспроизведения (УВ)

УВ (**поз. 8**) переделан для работы в режиме сквозного канала: установлена перемычка в коммутаторе режимов на микросхеме К547КП1, переводящая питание УВ в режим "включён постоянно". В УВ удалены все элементы, касающиеся регулировки ВЧ в виде ПОС. А для регулировки ВЧ введены подстроечные резисторы, установленные на материнской плате параллельно головке ГВ и закрытые специальным экраном-кожухом (**поз. 20**). Регулировка ВЧ производится через отверстия в кожухе путём изменения добротности контура, образованного ГВ и конденсатором. Входная цепь настроена подбором ёмкости контура, образованного конденсатором и ГВ в резонанс на частоте 20 кГц. Ёмкость входных разделительных конденсаторов уменьшена до 1,5 мкФ, и они заменены плёночными. При этом устранился завал ВЧ из-за повышенной индуктивности штатных оксидных конденсаторов, снизился фликкер-шум и паразитный микрофонный эффект.

Исходя из того что обычная RC-цепь не очень точно описывает кривую слойных потерь, теоретически рассчитанную для тестовых лент МЭК, а также вследствие имеющихся потерь в самой ГВ и потерь при её согласовании с УВ, постоянные времени СЧ-коррекции увеличены примерно до 135 мкс и 80 мкс соответственно для 1 и 2 типов лент. При этом по тест-ленте ЗЛИМ.УНЧ.К4 обеспечивается ровная частотная характеристика воспроизведения от 100 Гц до 10 кГц с неравномерностью не более ±1 дБ и небольшим подъёмом на краях (31,5 Гц и 18 кГц) до +2 дБ. Нормирующий усилитель на ОУ 157УД2 переведён в режим усилителя ФНЧ (25 кГц) для подавления остатков подмагничивания при мониторинге в сквозном канале и ограничения полосы для снижения шума. Усиление в тракте воспроизведения немного перераспределено снижением $K_{ус}$ УВ и введением дополнительного буферного усилителя, размещённого на выходе шумоподавителя перед линейным выходом, увеличивающим выходное напряжение с 500 мВ до 1,23 В. Питание УВ дополнительно отфильтровано местными RC-фильтрами. Корпус УВ полностью экранирован. В результате этих мероприятий фоновая составляющая снижена до 2 мВ, а шумовая до 3 мВ на линейном выходе. Суммарное напряжение шум+фон на линейном выходе деки составляет 4...5 мВ.

Усилитель записи (УЗ)

УЗ (**поз. 9**) переработан для возможности использования трёх типов лент (МЭК-1, 2 и 4) и работы с новой головкой ГЗ. Режим МЭК-3 "Fe-Cr" был перестроен на "Metal". С новой ГЗ пришлось уменьшить глубину коррекции на всех типах. Для этого были задействованы свободные группы выводов микросхем К547КП1 платы УЗ, к которым подключались RC-цепи, формирующие требуемую АЧХ на СЧ-ВЧ для каждого из типов лент. Уменьшение глубины коррекции существенно увеличило перегрузочную способность. Подстроечные резисторы для плавной регулировки тока записи вынесены на переднюю панель для оперативного регулирования в процессе калибровки. В цепи Т-образного моста ВЧ-коррекции были введены подстроечные резисторы, позволяющие регулировать глубину ВЧ-коррекции (эквализацию), они также вынесены на переднюю панель. Частота настройки Т-моста ВЧ-коррекции была изменена с 16 кГц на 20 кГц. Также были увеличены ёмкости разделительных конденсаторов, стоящие последовательно с головкой, для улучшения отдачи на НЧ. Сопротивление токостабилизирующих резисторов было уменьшено с 24 кОм до 10 кОм с целью увеличения перегрузочной способности. Следует отметить наличие в УЗ цепи фазовой коррекции (ФК), стоящей штатно на входе УЗ. В данном случае потребовалось подобрать ёмкости конденсаторов, чтобы устранить имеющийся провал в диапазоне 2...6 кГц и уменьшить фазовые искажения сигнала. Для снижения паразитных наводок со стороны цепей подмагничивания, а также большого выходного напряжения УЗ на ВЧ была изменена трассировка платы УЗ, а сам блок полностью экранирован.

Генератор стирания и подмагничивания (ГСП)

ГСП (**поз. 7**) был переведён в режим работы на частоте 210 кГц. Это позволило расширить полосу записываемых частот, снизить модуляционный шум и уменьшить интермодуляцию на ВЧ. Частота задающего генератора ГСП установлена уменьшением ёмкостей частотозадающих конденсаторов, а весь ГСП запитан от отдельного стабилизированного источника +24 В, установленного отдельно в блоке питания (см. выше). Транзисторы заменены на такие же, но с большими напряжениями $U_{кэ}$. Генератор выдаёт сигнал размахом около 80 В и $K_г$ менее 0, 1 %. Для воз-

можности регулировки частоты был применён керамический подстроечный конденсатор КПК. Также были установлены П-образные LC-фильтры, защищающие цепи питания других блоков магнитофона от частоты подмагничивания. Введён регулятор тока стирания. Кроме того, были скорректированы элементы, отвечающие за начальную (грубую) установку токов подмагничивания при изменении типа ленты. Для снижения влияния ёмкости проводов был применён RF-кабель (50 Ом). Блок ГСП был полностью экранирован.

УМЗЧ

УМЗЧ (**поз. 2**) был адаптирован для режима работы с головными телефонами. Была увеличена глубина ООС (для существенного снижения выходной мощности и снижения искажений), удалён конденсатор вольтодобавки и соединены выводы 1 и 4 микросхемы К174УН7. Входные конденсаторы заменены на плёночные с меньшей ёмкостью, ёмкости выходных конденсаторов увеличены. Частоты регулировки тембров НЧ и ВЧ изменены (разнесены), а соединительный жгут к регуляторам громкости и тембров на передней панели экранирован. Блок УМЗЧ экранирован со стороны печати. При необходимости к штатным разъёмам на задней панели можно подключать маломощные АС для слухового контроля сигнала. Искажения при выходной мощности до 1 Вт составляют примерно 0,07 %.

Шумоподавитель (ШП)

В ШП (**поз. 1**) время интегрирования и время восстановления уменьшены примерно вдвое, чтобы примерно во столько же уменьшить время реакции на перепад уровня. Перераспределено усиление в тракте — уровень сигнала на входе уменьшен с целью снижения искажений. На вход микросхемы подаётся уровень около 100 мВ. На выход микросхемы добавлен линейный усилитель на ОУ К140УД25А. Он служит для компенсации ослабления сигнала в ШП и одновременно является буфером линейного выхода, устанавливающим на нём напряжение 0 дБ = 1,23 В. ШП имеет регулировку частоты среза ФНЧ (она установлена ближе к 1600 Гц), регулировку порога срабатывания (установлен на 37 дБ). Уровень линейного выхода 0 дБ (VU) соответствует 775 мВ, уровень DOLBY — 1,05 В и 0 дБ (DIN) — 1,23 В. Блок ШП экранирован со стороны печати с целью защиты от наводок.

Коэффициент передачи, вкупе с установленными порогом и частотой среза, даёт эффективное подавление шума на частоте 6 кГц (10...12 дБ) и на частоте 20 кГц (22...25 дБ). При этом искажения снижены примерно вдвое, по сравнению со штатной схемой, и составляют 0,06...0,07 %, а при выключении ШП — 0,02 %. Быстродействие системы — 0,5 мс, заметность шумовых "хвостов" существенно снижена. При этом напряжение шума на линейном выходе в режиме "Источник" составляет менее 1 мВ, когда ШП выключен, и менее 300 мкВ, когда включён. Всё это позволяет использовать ШП даже включённым по умолчанию.

Система динамического подмагничивания (СДП)

В магнитофоне применена отключаемая СДП (**поз. 10**), основанная на принципе шунтирования головки записи. В основе её лежит принцип, описанный в [5]. СДП осуществляет независимую регулировку одновременно по двум каналам, не требует источника питания, не меняет режим работы ГСП и не имеет динамических искажений (прямодействующая без ОС). Характеристика регулирования подбирается изменением частоты среза ФВЧ, чувствительности (коэффициента передачи K) и токов подмагничивания для каждого из каналов. В этом случае она быстрее и гибче систем HX и HX-PRO. Эффективность работы с головкой Canon составляет примерно 2...3 дБ. Надо отметить, что эффективность СДП с данной головкой получается меньшей, чем достигнутые ранее результаты с универсальными головками 3Д24.080 и 3Д24.810. Это обуславливается гораздо большей отдачей (КПД) ГЗ из сендвича. Индуктивность её существенно (почти на порядок) ниже, чем у ГУ, кроме того, она имеет оптимизированный задний зазор, и её магнитопровод насыщается гораздо позднее, чем у ГУ. Отключение СДП производится кнопкой с передней панели с помощью реле. Блок СДП экранирован и соединяется с материнской платой экранированными проводами.

Нормирующий усилитель в тракте записи

Для уравнивания коэффициентов передачи в режимах "Источник" и "Лента" был введён дополнительный нормирующий усилитель (**поз. 11**) на одном ОУ К157УД2. Усилитель экранирован и соединяется с материнской платой экранированными проводами.

Блок генераторов калибратора

Блок генераторов (**поз. 6**) служит для формирования тест-сигналов для выполнения калибровки параметров магнитофона под конкретную ленту и содержит в себе перестраиваемый генератор на три частоты: 315 Гц, 10 кГц и 18 кГц. Питание на генератор поступает при нажатии на любую кнопку выбора частоты. Коммутация осуществляется с помощью трёх реле РГК15. Для каждой частоты имеется регулировка частоты и уровня сигнала. Также имеется общая регулировка уровня выходного напряжения. Блок генераторов также содержит переключатель чувствительности индикатора измерителя уровня на реле РГК15. Переключатель автоматически изменяет чувствительность индикатора при включении режима калибровки. По умолчанию калибровка проводится на уровне 10 дБ, что больше соответствует реальному сигналу при записи. Однако можно калибровать на любом уровне. При работе генераторов сигнал подаётся на линейный вход магнитофона, а внешний сигнал отключается. Таким образом, при калибровке учитывается нелинейность всего тракта, в том числе и цепей, стоящих до УЗ, и имеется возможность при необходимости поканальной подстройки тест-сигналов штатными регуляторами уровня записи. Сигнал с генератора поступает также и на линейный выход для возможности контроля процесса калибровки внешним вольтметром. На плате блока генераторов также установлен переключатель режимов "Источник"/"Лента" ("Монитор") на двух реле РГК15. Блок генераторов экранирован со стороны проводников и соединён с материнской платой через разъём и ленточный кабель с блоком калибровки.

Блок регуляторов калибратора

Блок регуляторов калибратора (**поз. 15**) представляет собой плату с установленными на ней регуляторами тока записи, подмагничивания, эквализации и кнопок включения генераторов "315 Гц", "10 кГц" и "18 кГц", включения СДП и переключения режимов "Источник"/"Лента" ("Монитор"). Каждый регулятор экранирован друг от друга металлическими стенками. Блок соединён с материнской платой экранированными проводами, а с блоком генераторов — ленточным кабелем. Регуляторы работают постоянно и не связаны с выбранным режимом частоты. Это даёт возможность применения более совершенной методики калибровки, при которой, например, можно, включив генератор 315 Гц, произвести настройку тока подмагничивания по максимуму отдачи и установить ток записи. Далее, включив генератор 10 кГц, надо подстроить подмагничивание по равенству отдачи на 10 кГц и 315 Гц. После этого, включив генератор 18 кГц, проверить подмагничивание и выставить эквализацию УЗ по равенству 10 кГц и 18 кГц.

Кроме того, регуляторы позволяют при необходимости производить регулировку без применения генераторов, т. е. "на ходу", на слух, во время пробной записи музыки.

Блок коммутации выхода калибратора

Блок коммутации выхода калибратора (**поз. 3**) выполнен на двух реле РЭС55А и предназначен для подключения калибратора к входам магнитофона в режиме калибровки и отключения сигнала от входных разъёмов. При этом сигнал калибровки проходит через штатный регулятор уровня записи, что даёт возможность, во-первых, калибровать при любом входном сигнале, во-вторых, компенсировать нестабильность уровня генераторов со временем и температурой. Кроме того, подача сигнала непосредственно на вход магнитофона, а не на УЗ, как обычно, учитывает все нелинейности цепей, находящихся на пути прохождения сигнала до УЗ.

Измеритель уровня

Измеритель (**поз. 14**) предназначен для измерения уровня сигнала при

записи, воспроизведении и во время калибровки. Он регистрирует квазипиковый и пиковый уровни с запоминанием максимального значения ("плавающей" точкой). Собран на специализированной микросхеме M85A (КР1534ПП2). Постоянные времени были изменены, по сравнению со штатными, для большего соответствия метрологическим характеристикам. Время интегрирования уменьшено, время обратного хода увеличено путём уменьшения значения зарядной ёмкости и увеличения входного сопротивления цепи разряда. Это было необходимо сделать для более адекватного визуального контроля громкостной составляющей сигнала разных музыкальных жанров [6] и меньшего реагирования на паразитную амплитудную модуляцию (ПАМ) во время калибровки при воспроизведении сигналов 10 кГц и 18 кГц.

Полоса пропускания предварительного усилителя измерителя, выполненного на ОУ К157УД2 и расположенного на материнской плате, расширена до 25 кГц корректирующими конденсаторами, чтобы исключить погрешность показаний на высоких частотах. Блок экранирован сзади со стороны печатных проводников для снижения уровня наводок от люминесцентного индикатора. Провод питания индикатора +42 В, идущий от однополупериодного источника, также заключён в экран.

В результате глубокой модернизации магнитофон по своим параметрам стал вполне конкурентоспособен с топовыми моделями зарубежных дек. Сравнивая модернизированный "Маяк" с имеющейся в наличии декой Nakamichi ZX-9 (электрические параметры аналогичны упомянутому ранее аппарату Nakamichi Dragon), можно констатировать, что звучание аппаратов примерно одинаковое: на одних жанрах преимущество за первой декой, на других — за второй, но большой разницы уже нет. Кроме того, крейтовая система установки основных блоков в разъёмы на материнской плате и более совершенная система калибровки позволяют проводить эксперименты с любым узлом прямо в магнитофоне. Это даёт большие возможности для творчества. Для этих целей была изготовлена специальная переходная кросс-плата (удлинитель). Таким образом, магнитофон представляет собой универсальный измерительный стенд, позволяющий экспериментировать с различными узлами, производить запись тестовых сигналов, тестировать компакт-кассеты, а также записывать музыку.

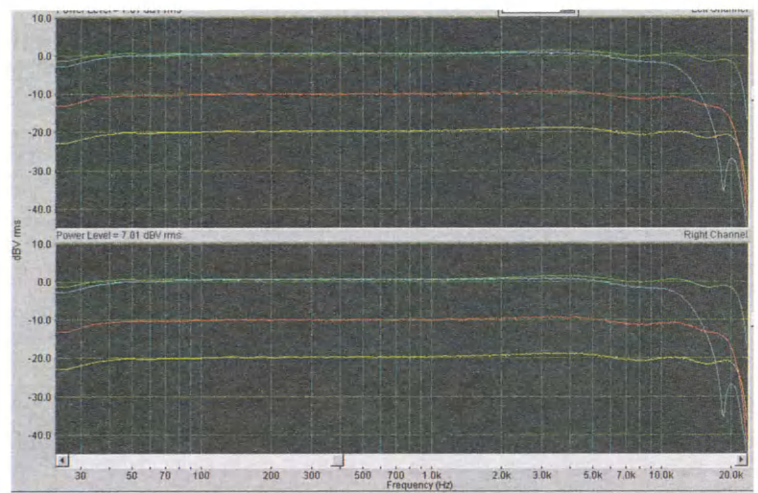


Рис. 7

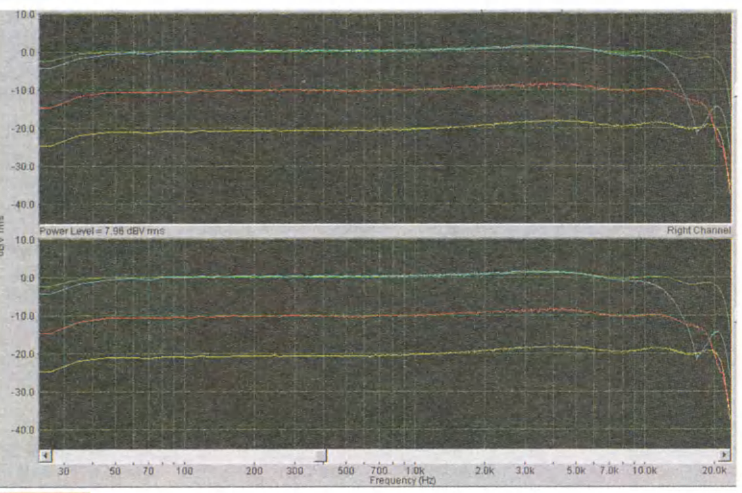


Рис. 8

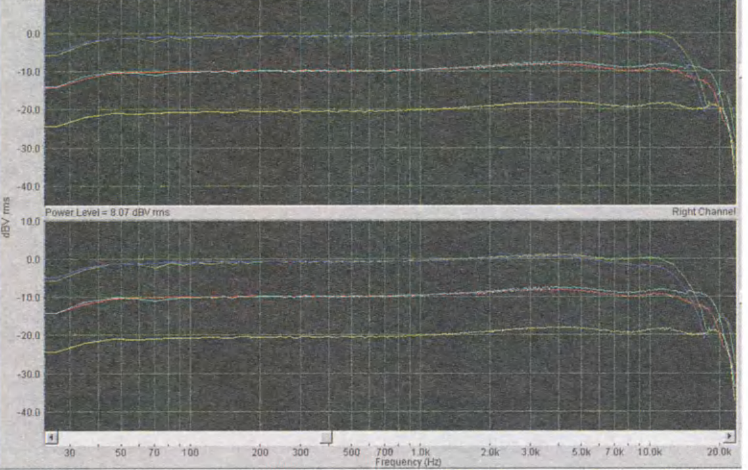


Рис. 9

Приведённые в одном масштабе графики на **рис. 7** и **рис. 8** позволяют сравнить магнитофоны Nakamichi ZX-9 и модернизированный "Маяк". Здесь приведены АЧХ сквозного канала на ленте 1 типа BASF FEI 90 при трёх уровнях записи: −20, −10 и 0 дБ (жёлтая, красная и голубая линии соответственно), где в качестве 0 дБ взят уровень DOLBY (200 нвб/м ANSI или 225 нвб/м DIN). Для обеспечения сравнения в одинаковых условиях СДП на "Маяке" выключена. Зелёная линия показывает АЧХ в режиме "Источник".

На **рис. 9**, в том же масштабе, показана эффективность работы СДП (зелёная и голубые линии для уровней 0 и −10 дБ соответственно) на ленте 1 типа BASF FEI 90. Хорошо видно, что полоса рабочих частот модернизированного магнитофона "Маяк" при уровне записи 0 дБ простирается до 12 кГц без СДП и примерно на 2 кГц шире с СДП. При уровне −10 дБ полоса простирается почти до 20 кГц. На уровне −20 дБ СДП не оказывает влияния.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Глибин С.** Доработка магнитофона-приставки "Маяк-231 стерео". — Радио, 2021, № 8, с. 19—25.

2. **Медведев Ю., Кучерак С.** Повышение качества записи магнитофона "Маяк-231". — Радио, 1986, № 6, с. 46.

3. **Крупнов А.** Устранение помехи при записи с УКВ-приёмника. — Радио, 1987, № 10, с. 42.

4. **Киселев А.** Устранение импульсных помех. — Радио, 1987, № 12, с. 48.

5. **Паламарчук Е.** СДП с раздельной регулировкой в каналах. — Радио, 1989, № 1, с. 48, 49.

6. **Лебедев О.** Взгляд на измерители уровня с позиции современных представлений о звуке и методах их измерений. — КИПиС, 2004, № 3, с. 28; № 4, с. 33; № 5, с. 27.

(Окончание следует)

История электронных музыкальных инструментов

Часть 1. От "домов звука" до фонографа

Э. ЭЛИНС, г. Москва

Электронная музыка — удивительное порождение двух таких разных областей человеческой деятельности, как научно-технический прогресс и музыкальное творчество. "Физики и лирики" в середине двадцатого века породили вундеркинда, который возьмёт всё лучшее от стремительно развивающихся технических дисциплин (в первую очередь от радиоэлектроники, акустики и кибернетики), применит к музыке — и к середине семидесятых годов явит миру новый музыкальный жанр, станет важным течением в мировом художественном творчестве. Этот жанр быстро завоюет умы меломанов, войдёт в каждый дом с альбомами Жана-Мишеля Жарра, Вангелиса, Брайана Ино, групп "Спейс", "Зодиак", музыкой Эдуарда Артемьева и других композиторов.

Музыка, получившая название "электронной", стопроцентно основана на использовании технических устройств — электронных музыкальных инструментов (ЭМИ), синтезаторов, компьютеров, различных устройств обработки звука. Новый звуковой инструментарий появился в результате стремительного прогресса в области разработки и производства ЭМИ. Богатство новых тембров, современная звуковая палитра дали композиторам возможность сочинять и исполнять музыку, используя самые разные выразительные средства.

В этой статье речь пойдёт о предпосылках, которые привели к возникновению звукового инструментария нашей эпохи. Это не только технические разработки: параллельно научно-техническому прогрессу развивалась мировая художественная культура, поэтому о некоторых идеях в этой области я тоже буду упоминать.

Возможно, человеку, живущему в начале двадцать первого века, может показаться, что каких-нибудь полторы или две сотни лет назад люди и представить не могли, что от союза физики и музыки может возникнуть что-либо, подобное современному синтезатору или ЭМИ. Логично предположить, что в далёком прошлом вряд ли кто-нибудь думал о том, что звуки когда-нибудь будут создаваться новые, ранее не слышанные, и делаться это будет электронным способом, что новые звуки будут влиять на музыкальное сочинение так, что сама форма музыкального произведения начнёт преображаться, что композиторы смогут писать не только для симфонического оркестра или традиционного ансамбля, но и для любого состава (иной раз и воображаемого), и что шумы и немузыкальные звуки войдут в музыкальную ткань наравне с привычными инструментами. Музыку станет возможно сочинять, пользуясь не нотами как таковыми, а звуками.

Но так ли уж трудно было представить нашим далёким предкам такое звуковое будущее? Оказывается, вовсе нет. Они мечтали о чём-то подобном, и примеров тому множество.

"Дома звука" Фрэнсиса Бэкона

В своём утопическом труде "Новая Атлантида" ("New Atlantis. A Worke unfinished", 1627 г.) английский философ и основоположник эмпиризма Фрэнсис Бэкон писал: "Есть у нас дома звука для опытов со всевозможными звуками и получения их. Нам известны неведомые вам гармонии, создаваемые четвертями тонов и ещё меньшими интервалами, и различные музыкальные инструменты, также вам неизвестные и зачастую звучащие более приятно, чем любой из ваших".

Бэкон описывает технику звукоусиления ("слабый звук мы умеем делать сильным и густым, а густой — ослабленным или пронзительным"), звуковоспроизведения ("мы воспроизводим все звуки речи и голоса всех птиц и зверей"), обработки звукового сигнала ("есть также различные диковинные искусственные эхо, которые повторяют звук многократно и как бы отбрасывают его, или же повторяют его громче, чем он был издан, выше или ниже тоном; а то ещё заменяющие один звук другим") и передачу звука на расстоянии ***(рис. 1 на 3-й с. обложки)***.

Но "Новая Атлантида" — это сказка, не более чем мечты, скажет читатель, особенно для своего времени — для эпохи барокко. Действительно, текст "Новой Атлантиды" звучит как научная фантастика. Но принципиально важно то, что Бэкон вовсе не был оторванным от реальности мечтателем, а опирался на существовавшие в его время разработки. Вот некоторые из них.

За сотню лет до Бэкона технологические достижения уже позволили создать новые, неизвестные предыдущим поколениям музыкальные инструменты, возможности которых впечатляли: в 1550 г. был построен механический орган, в конструкции которого использовалось более 150 труб, а в 1555 г. — архичембало, первый микротональный клавесин, в котором октава была поделена не на двенадцать, а на три с лишним десятка ступеней. Микротональная музыка или микрохроматизм возникла спустя несколько столетий: многие композиторы двадцатого века писали произведения, в которых использовались тоны, не совпадающие со стандартными полутонами, принятыми в системе европейской настройки традиционных музыкальных инструментов. В музыке двадцатого века микротональная техника композиции станет одним из важных приёмов сочинения музыки.

Итальянский гений Леонардо да Винчи также исследовал музыкальные технологии и уделял время проектированию инструментов. К примеру, великий художник и учёный разработал гибрид виолончели и фортепиано и назвал его "виола органиста". Спустя пятьсот лет, в начале XXI века, на основе набросков и заметок, вошедших в "Codex Atlanticus" (двенадцатитомное собрание рукописей и рисунков Леонардо да Винчи), инструмент получил материальное воплощение.

"Виола органиста" представляет собой рояль с 61 клавишей, внутри корпуса которого находятся вращающиеся колёса со струнами, соединёнными с клавиатурой ***(рис. 2 на 3-й с. обложки)***. При нажатии на клавишу и педаль, соединённую с коленчатым валом, возникает богатый, звучный тон, напоминающий звук виолончели, органа и даже аккордеона.

Исследования в области акустики

В конце семнадцатого века французский математик Жозеф Совёр (Joseph Sauveur, 1653—1716) начал проводить опыты в области акустики и слуховых явлений. Совёру приписывается введение термина "акустика" во французский язык: он образовал его от древнегреческого слова ακουστός, означающего "способный быть услышанным". Этот учёный проводил опыты, изучая вибрацию струн, исследовал гармоники, диапазоны голосов и музыкальных инстру-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ментов. Он первым стал уделять внимание биениям, объяснил феномен обертонов и ввёл понятие "основной тон", что стало значительным вкладом в изучение принципов гармонии и игры на органе. Выводы Совёра были опубликованы в 1701 г. под названием "Système General Intervalles des Sons" ("Общие системные интервалы звуков").

Электричество и музыка: первые попытки

Попытки разработать музыкальный инструмент, создающий звук с помощью электричества, предпринимались с середины восемнадцатого века: чешский учёный Прокоп Дивиш (Prokop Diviš) сконструировал Denis d'or ("Золотой Дионис") — клавишный инструмент, который мог имитировать звучание клавесина, арфы, лютни и деревянных духовых инструментов. Этот инструмент существовал в единственном экземпляре и до нашего времени не сохранился.

В двадцатый век человечество вступило, вооружившись квантовой теорией Макса Планка, теорией относительности Эйнштейна и многими другими достижениями науки. Но следует выделить одно, благодаря которому впоследствии стали возможны первые эксперименты в области электронной музыки. Исследования электрического способа передачи, хранения и воспроизведения звука привели к появлению телефона и радио. Стало возможно передавать звук на расстояние, а появление фонографа Эдисона дало возможность сохранять аудиоинформацию на физический носитель.

Спустя ещё несколько десятков лет будет разработан магнитофон, и в послевоенные годы, в середине двадцатого века, это радикальнейшим образом скажется на музыкальной композиции. Появится термин "электронная музыка", описывающий феномен создания музыкального произведения с помощью электроники. Но дело было не только в технике, которая использовалась; не менее важным было то, на основе каких культурных достижений новая музыка возникла. Для этого обратимся к идеям, бытовавшим в художественной культуре начала прошлого века.

Художественная революция

Ещё в семнадцатом веке велись дискуссии о необходимости отхода от общепринятой тональной музыкальной системы. Эта тенденция достаточно чётко проявилась в творчестве композиторов эпохи романтизма (XIX век). За романтизмом последовал ранний модернизм, и несколько музыкальных представителей этого жанра бросили вызов устоявшемуся музыкальному языку. Эрик Сати (Erik Satie, 1866—1925) открыл новое музыкальное течение — импрессионизм в музыке, характеризующийся особым выразительным языком, акцентом на богатом гармоническом и тембровом окрашивании музыкальных тем. Колористический компонент звука стал выдвигаться на первый план, тем самым тембр становился важным выразительным средством. Спустя несколько десятилетий, во второй половине двадцатого века, это станет одной из главных отличительных черт электронной музыки, и инженеры будут стремиться создавать синтезаторы и прочие устройства в стремлении, с одной стороны, имитировать звучание традиционных музыкальных инструментов, а с другой — изобретать совершенно новые звуки, не существующие в природе.

1900-й год ознаменовал собой не только начало нового века, но и начало новой художественной эпохи. В изобразительном искусстве возник жанр кубизма, а русский художник Василий Кандинский написал первое произведение абстрактной живописи. Развитие технологий породило первый кинотеатр, что, в свою очередь, не преминуло сказаться на развитии музыки и музыкальных технологий.


Рис. 3

Важно отметить, что на первых порах среди кинематографистов шли жаркие дискуссии о том, какие фильмы следует снимать. Ведь им, в отличие от предыдущих поколений творческих деятелей, достался совершенно новый носитель — киноплёнка. Следует ли заниматься переносом на киноплёнку существующих театральных постановок либо нужно отдать предпочтение тому, чтобы изображать на экране нечто совершенно новое — эта тема волновала умы тех, кто развивал новый вид искусства. Носитель (киноплёнка) и его возможности склоняли многих к тому, что киноискусство должно стать новаторским, а не пересказывать в новом формате старые сюжеты.

Однако первая точка зрения победила, и произошло это по нескольким причинам: во-первых, театр, развивавшийся много веков, создал огромное количество материала, который грех было не перенести на киноэкран. Драматургия была вполне подготовлена к тому, чтобы начать работать с новым визуальным носителем и создавать для него новые сюжеты (вспомним "Рабу любви" Никиты Михалкова и другие ленты, в которых можно увидеть, как шла работа над ранними кинофильмами).

Вторая точка зрения, декларировавшая тезис "новый носитель — новое искусство", формировалась в начале двадцатого века под влиянием футуристов. Это итальянское движение было основано Филиппо Маринетти. Футуристы представляли собой авангард писателей, художников и музыкантов, исповедовавших радикальные теории обо всех видах искусства — живописи, скульптуре, танце, музыке и кино. Прославление машин, высокой скорости, силы, отказ от прошлого вплоть до его разрушения — этим дышали представители движения. В манифесте футуристов заявлялось о необходимости соответствия искусства духу времени и даже говорилось, что "ревущий автомобиль прекраснее, чем Ника Самофракийская". В том, что касалось музыки, футуристы настаивали на том, что она должна отражать "эпоху самолётов".

Но в те годы кино, будь то мелодрама, документальные репортажи или футуристические эксперименты, всё ещё оставалось немым. "Движущиеся картины" (moving pictures или movies — термин, который означает "кинофильм") демонстрировались под аккомпанемент тапёра, а диалоги показывались на экране в виде титров между соседними сценами.

Одним из наиболее видных членов движения футуристов был художник, композитор и поэт Луиджи Руссоло (1885—1947) (**рис. 3**), ярый сторонник использования шумов в музыке. Первый концерт "искусства шумов" состоялся в Милане 21 апреля 1914 г. В концерте использовался шумовой инструмент "Интонарумори", разработанный Руссоло, а также валторны и мегафоны.

"Мы приглашаем всех талантливых молодых музыкантов провести исследование всех разновидностей шума, чтобы понять различные ритмические структуры, которые в них скрываются, их основные и дополнительные тона. Сравнивая звуки шума с музыкальными звуками, молодые музыканты убедятся, насколько первые превосходят вторые. Эта деятельность принесёт не только понимание шума, но и вкус и страсть к нему" (Луиджи Руссоло, манифест "Искусство шумов", 1913 г.).

"Освобождение звука"

Композиторы всегда мечтали о расширении возможностей и выразительных средств. Например, итальянский композитор, дирижёр и музыковед Ферручо Бузони (1866—1924) заявлял: "Музыка родилась свободной, и достичь свободы — её судьба". В начале двадцатого века такое заявление не воспринималось как нечто отвлечённое: идеи футуристов, высокие темпы нового века, технические достижения — всё это требовало новаторских изменений в области музыкальных технологий.

В эпоху барокко под словом "оркестр" могли понимать камерный ансамбль, в котором одну партию исполнял только один инструмент, а не группа инструментов. Формирование состава симфонического оркестра происходило в течение двухсот лет, с семнадцатого по середину девятнадцатого века. Что интересно, в ранний период во французской опере была принята настройка на целый тон ниже, чем сейчас (392 Гц для ноты "ля" вместо современного стандарта 440 Гц). В течение последующих веков строй неуклонно повышался, что было напрямую связано с развитием смычковых инструментов (прежде всего скрипки) и их роли в ансамбле.

Скрипка в её нынешнем виде появилась в начале шестнадцатого века на севере Италии. Самое первое изображение этого инструмента в западноевропейской живописи датируется 1530 г.: на картине "Мадонна с апельсиновым деревом" художника Гауденцио Феррари изображён херувим, играющий на смычковом инструменте, а на фреске церкви Мадонны деи Мираколи в Саронно, созданной спустя несколько лет, можно видеть струнное трио — скрипку, альт и виолончель, на которых играют ангелы (**рис. 5**). Шестнадцатый век — время, когда возникает династия итальянских скрипичных мастеров Амати, семнадцатый век — время Гварнери и великого скрипичного мастера Антонио Страдивари. Они совершенствовали свою технику, создавая уникальные инструменты и не давая себе права почивать на лаврах; если говорить современным языком, они неустанно двигали вперёд музыкальные технологии своего времени. В двадцатом веке работа ведущих инженеров-разработчиков синтезаторов будет вестись по тому же принципу.

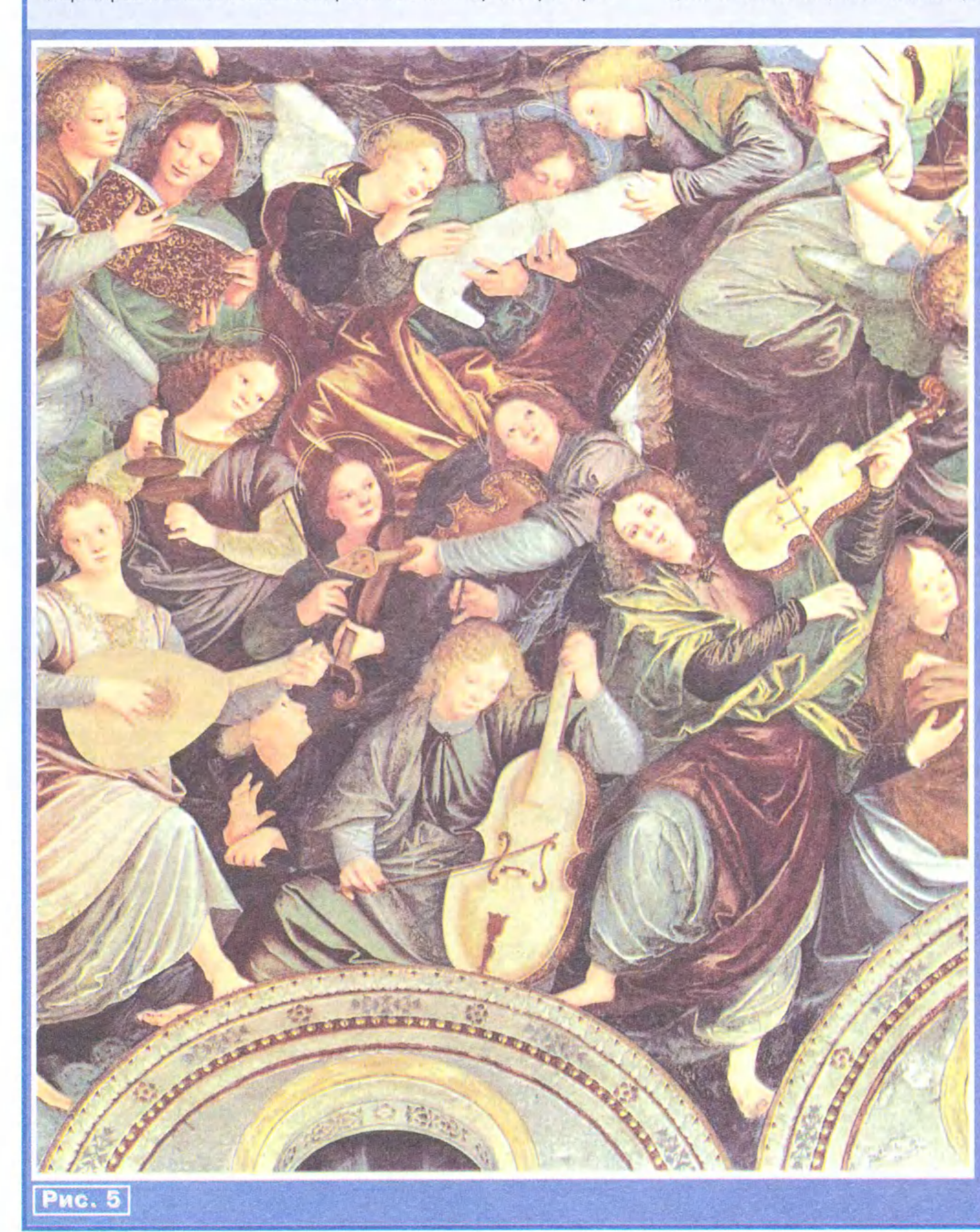


Рис. 5

В тридцатых годах XX века французский композитор-визионер Эдгар Варез (Edgard Varèse, 1883—1965) сформулировал новую музыкальную эстетику: "Когда новые инструменты позволят мне писать музыку так, как я её замышляю, заменяя линейный контрапункт, то движения звуковых масс и смещающихся планов будут чётко восприниматься. При столкновении этих звуковых масс возникнет феномен проникновения или отталкивания. Будет казаться, что трансмутации, происходящие на определённых планах, проецируются на других планах, двигаясь с разной скоростью и под разными углами. Исчезнет старая концепция мелодии и взаимовлияния мелодий. Всё произведение станет мелодической тональностью и будет течь, как река". На ***рис. 4 на 3-й с. обложки*** показана партитура "Poème Électronique" Эдгара Вареза (1958 г.).

Фундаментальный элемент теории новой музыкальной эстетики Вареза заключается в открытом подходе к звуку. Это означает, что любой звук — музыкальный, шумовой, речь и т. д. — может выполнять функцию в подходящем музыкальном контексте. Тем самым выбор красок в звуковой палитре расширяется далеко за пределы традиционных инструментов и голосов.

Спустя десятилетия исследований и разработок — и артистических, и технических — мечта Вареза об освобождении звука станет реальностью, равно как и мечта Фрэнсиса Бэкона о "домах звука" наконец начнёт воплощаться в жизнь. Скоро любыми звуками можно будет управлять столь же свободно, как и нотами. Но об этом речь пойдёт в следующей статье.

Авиамодельный тахометр

О. ИЛЬИН, г. Казань

Описываемый в статье тахометр предназначен для измерения частоты вращения воздушного винта авиамоделей, но его можно использовать для контроля работы и других лопастных механизмов — роторов, крыльчаток, обтюраторов.

Прибор имеет два предела измерений частоты вращения воздушного винта: до 3000 об/мин и до 30000 об/мин. Погрешность измерения — не более ±2,5 %. Напряжение питания — 12 В. Ток потребления — не более 60 мА. Тахометр оснащён стрелочным индикатором частоты вращения, что обеспечивает не только количественную, но и качественную информацию о динамике изменения контролируемого параметра [4].

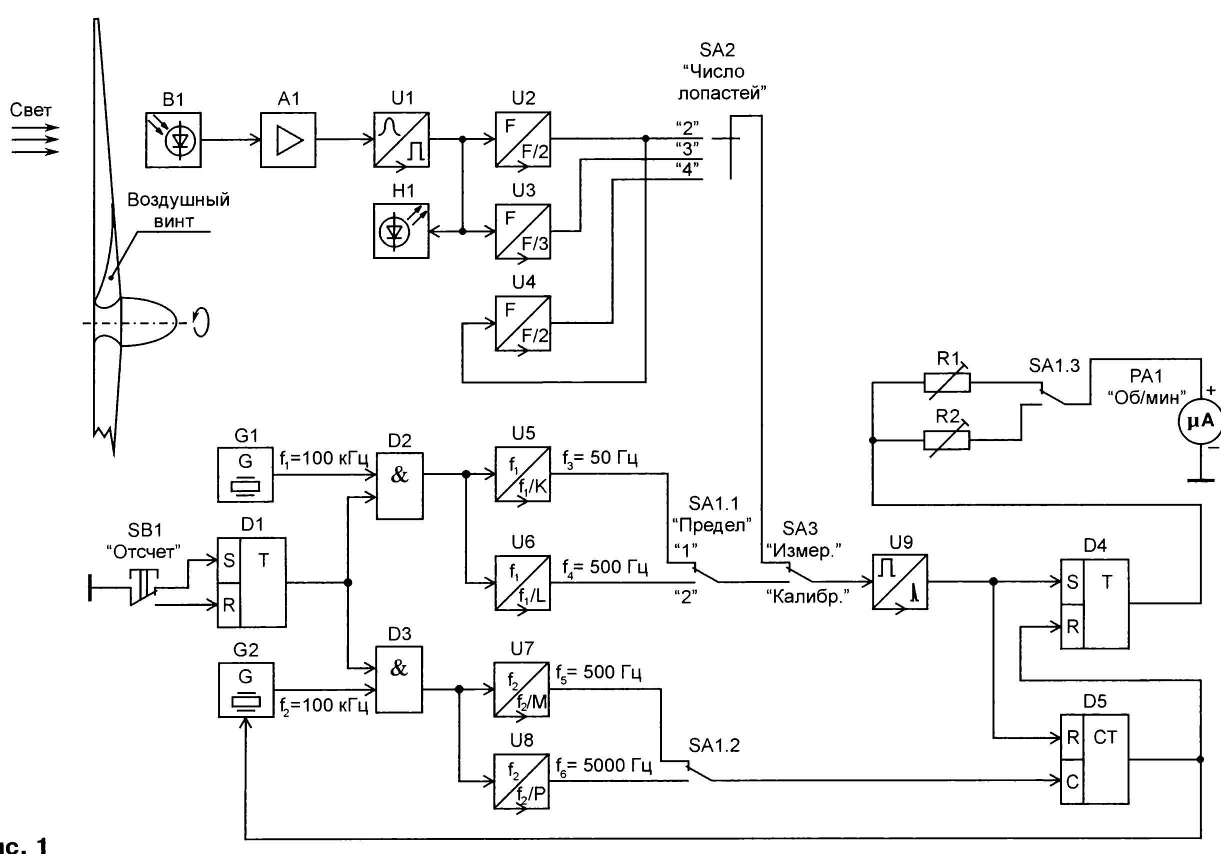


Рис. 1

По составу функциональных узлов и по техническим характеристикам этот прибор близок к авиамодельным тахометрам [1—3]. В отличие от [1], в его составе нет ИК-передатчика, поэтому предлагаемый тахометр конструктивно проще и удобнее в эксплуатации. В отличие от тахометров [2, 3], в нём предусмотрена возможность калибровки перед проведением измерения, что повышает точность измерения и позволяет оперативно контролировать работоспособность тахометра.

Этим прибором можно измерять частоту вращения воздушных винтов, содержащих две, три и четыре лопасти.

Тахометр выполнен на доступной элементной базе и прост в налаживании. Функциональная схема тахометра приведена на **рис. 1**, где A1 — полосовой усилитель; B1 — фоточувствительный элемент; D1, D4 — RS-триггеры; D2, D3 — электронные коммутаторы (логические элементы 2И); D5 — счётчик импульсов; G1, G2 — кварцевые генераторы прямоугольных импульсов; H1 — узел контрольного светодиодного индикатора; PA1 — стрелочный индикатор частоты вращения воздушного винта; R1, R2 — токоограничивающие резисторы; SA1—SA3 — переключатели пределов измерения, числа лопастей воздушного винта и режима работы прибора (калибровка или проведение измерения) соответственно; SB1 — кнопка управления; U1 — формирователь прямоугольных импульсов; U2—U8 — делители частоты; U9 — формирователь коротких импульсов.

Тахометр работает следующим образом. Каждый кварцевый генератор G1 и G2 вырабатывает на своём выходе периодическую последовательность прямоугольных импульсов напряжения, следующих с частотами f_1 и f_2, соответственно равными 100 кГц, которая поступает на один из входов логических элементов D2 и D3.

Когда кнопка SB1 не нажата, на выходе RS-триггера D1, устраняющего дребезг её контактов, формируется напряжение низкого логического уровня, которое подаётся на вход логических элементов D2, D3, и на их выходы не проходят импульсы, вырабатываемые кварцевыми генераторами G1 и G2. Когда кнопка SB1 нажата, на выходе RS-триггера D1 формируется напряжение высокого логического уровня, и на выходы логических элементов D2 и D3 проходят импульсы генераторов G1 и G2.

С выхода логического элемента D2 импульсы частотой f_1 = 100 кГц поступают на вход делителей частоты U5, U6,

Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

имеющих коэффициенты деления K = 2000 и L = 200 соответственно, а с выхода логического элемента D3 импульсы с той же частотой поступают на входы делителей частоты U7, U8, имеющих коэффициенты деления M = 200 и P = 20 соответственно. На выходе делителей частоты U5, U6, U7, U8 формируются импульсы напряжения частотой f_3 = 50 Гц, f_4 = 500 Гц, f_5 = 500 Гц, f_6 = 5000 Гц соответственно.

Импульсы напряжения частотой f_3 = 50 Гц и f_4 = 500 Гц предназначены для калибровки прибора перед проведением измерения. Частота 50 Гц соответствует частоте вращения воздушного винта 3000 об/мин (максимальной на первом пределе измерения), а частота 500 Гц — 30000 об/мин (максимальной на втором пределе измерения). Импульсы напряжения частотой f_5 = 500 Гц и f_6 = 5000 Гц — тактовые, они необходимы для функционирования тахометра.

Тахометр калибруют, установив переключатель SA3 в положение "Калибр.", а переключатель SA1 — в положение, соответствующее выбранному пределу измерения. В режиме калибровки тахометра импульсы напряжения частотой f_3 = 50 Гц или f_4 = 500 Гц (в зависимости от положения переключателя SA1.1) с выхода делителя частоты U_5 или U_6 поступают на вход формирователя коротких импульсов U9, фронты выходных импульсов которого совпадают с нарастающими перепадами напряжения на выходе выбранного переключателем SA1.1 соответствующего делителя частоты. Выходные импульсы напряжения формирователя U9, воздействуя на вход S RS-триггера D4 и вход R счётчика D5, устанавливают их в единичное и нулевое состояние соответственно.

Импульсы напряжения частотой f_5 = 500 Гц или f_6 = 5000 Гц (в зависимости от положения переключателя SA1.2) с выхода делителя частоты U7 или U8 поступают на тактовый вход C счётчика D5. Через промежуток времени, определяемый разрядностью этого счётчика и частотой тактовых импульсов, на выходе этого счётчика, а следовательно, и на входе R RS-триггера D4 появляется импульс напряжения высокого логического уровня, что вызывает переключение этого триггера в нулевое состояние. В результате регулярного повторения этих процессов на выходе RS-триггера D4 формируется последовательность прямоугольных импульсов напряжения, следующих с частотой 50 или 500 Гц, нормированных по длительности в соответствии с установленным пределом измерения.

Выход счётчика импульсов D5 соединён также с управляющим входом кварцевого генератора G2, воздействие на который уменьшает случайную

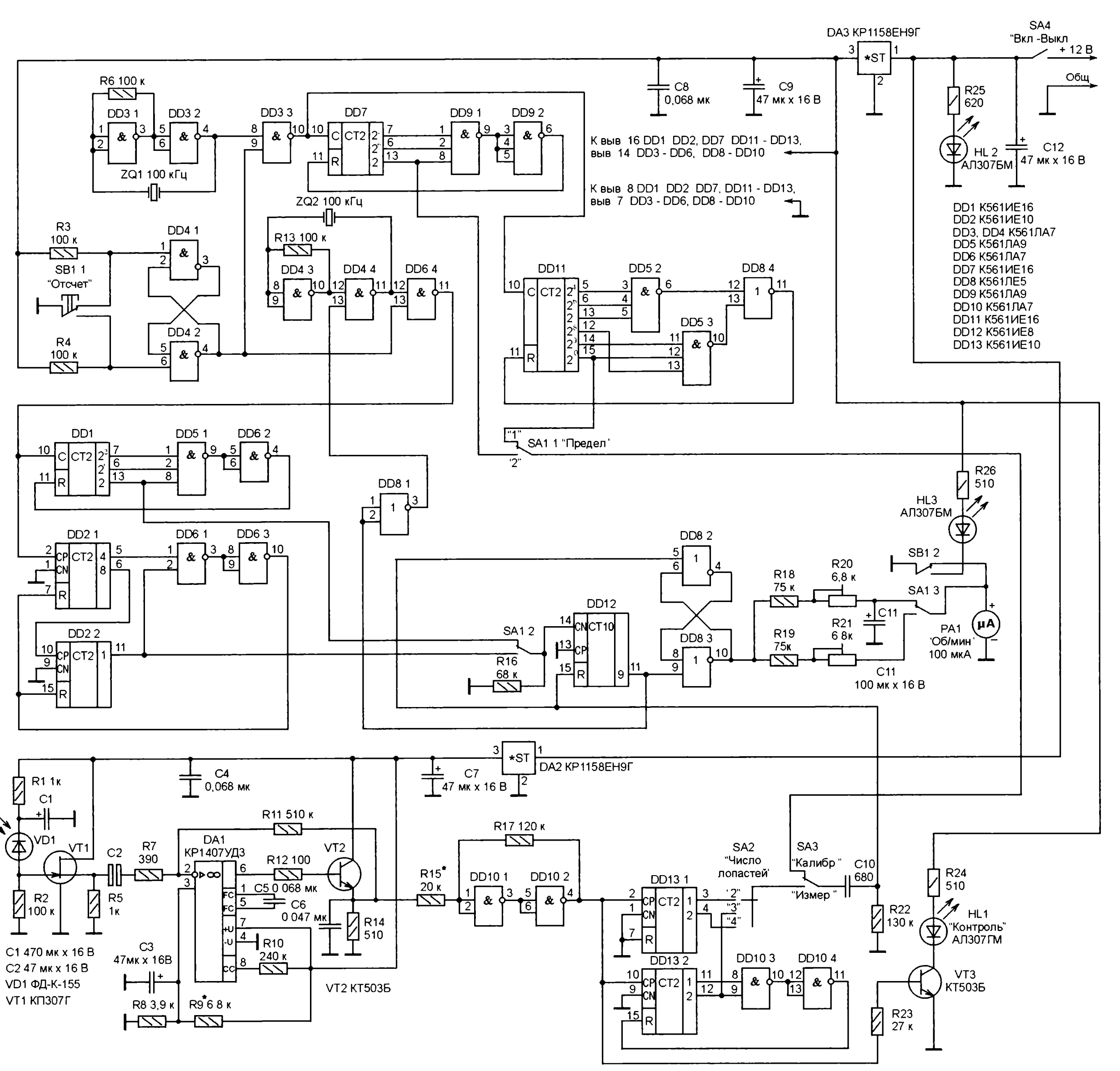


Рис. 2

составляющую погрешности длительности импульсов напряжения на выходе RS-триггера D4, связанную с неопределённостью фазы импульсов, вырабатываемых кварцевым генератором G2 в момент его запуска [5].

С выхода RS-триггера D4 периодическая последовательность нормированных по длительности и фиксированных по амплитуде прямоугольных импульсов напряжения поступает через токоограничивающие резисторы R1 или R2 и соответствующие контакты переключателя SA1.3 на индикатор частоты вращения — микроамперметр PA1, измеряющий постоянную составляющую, прямо пропорциональную частоте f_3 = 50 Гц или f_4 = 500 Гц калибровочных импульсов напряжения. Резисторы R1, R2 — подстроечные, с их помощью в режиме калибровки тахометра устанавливают стрелку микроамперметра PA1 на последнее деление шкалы на каждом пределе измерения.

Для проведения измерения переключатель SA3 устанавливают в положение "Измер.", а переключатель SA1 — в положение, соответствующее выбранному пределу измерения. При проведении измерения фоточувствительный элемент B1 тахометра направляют на плоскость диска, ометаемого лопастями вращающего воздушного винта. Его лопасти периодически прерывают световой поток, падающий на фоточувствительный элемент B1, преобразующий прерывистый оптический сигнал в электрический импульсный сигнал, который усиливает и отфильтровывает от помех полосовой усилитель A1. Формирователь импульсов U1 формирует из выходного сигнала усилителя A1 прямоугольные импульсы напряжения с крутыми перепадами.

Частота следования этих импульсов F равна произведению частоты вращения воздушного винта на число его лопастей, которых может быть две, три или четыре. Для учёта этого фактора в сигнальный тракт тахометра введены делители частоты U2—U4, уменьшающие частоту импульсов F в два, три и четыре раза. Необходимый коэффициент деления выбирают переключателем SA2.

Узел контрольного светодиодного индикатора H1, подключённый к выходу формирователя прямоугольных импульсов U1, служит для контроля наличия оптического сигнала (прерывания светового потока, падающего на светочувствительный элемент B1). В отсутствие оптического сигнала или при его недостаточной интенсивности светодиод индикатора H1 не светит. С появлением оптического сигнала, интенсивность которого достаточна для измерения частоты вращения воздушного винта, светодиод вспыхивает в ответ на каждое прерывание падающего на светочувствительный элемент B1 светового потока. При частоте этих прерываний более 40...50 Гц свечение светодиода индикатора H1 кажется непрерывным.

Прямоугольные импульсы напряжения с выхода одного из делителей частоты U2—U4 (в зависимости от положения переключателя SA2) поступают на вход формирователя коротких импульсов U9. Далее периодический процесс формирования на выходе RS-триггера D4 прямоугольных импульсов напряжения, нормированных по длительности и фиксированных по амплитуде, следующих с частотой вращения воздушного винта, протекает аналогично тому, как это происходит при калибровке тахометра, при этом стрелочный индикатор PA1 показывает частоту вращения воздушного винта.

Принципиальная схема тахометра показана на **рис. 2**. Фотодиод VD1 — фоточувствительный элемент (B1 на рис. 1). Цепь R1C1 — фильтр в цепи питания фотодиода. ОУ DA1, полевой транзистор VT1, биполярный транзистор VT2, конденсаторы C2, C3, C5, C6 и резисторы R2, R5, R7—R12, R14 образуют полосовой усилитель (A1 на рис. 1). Истоковый повторитель на транзисторе VT1 согласует высокое выходное сопротивление фотодиода VD1 с низким входным сопротивлением инвертирующего усилителя на ОУ DA1, которое задано резистором R7. Коэффициент усиления по напряжению этого инвертирующего усилителя равен отношению сопротивления резисторов R11 и R7. Цепь R8R9C3 обеспечивает нормальный режим работы ОУ DA1 по постоянному току при однополярном питании. Резистор R10 задаёт ток управления этого ОУ. Конденсатор C2 — разделительный, конденсатор C5 служит для частотной коррекции ОУ DA1. Транзистор VT2 и резисторы R12, R14 образуют эмиттерный повторитель, повышающий нагрузочную способность усилителя. Конденсатор C6 — фильтрующий.

Коэффициент усиления по напряжению полосового усилителя в середине полосы пропускания — не менее 500, нижняя и верхняя граничные частоты полосы пропускания, определяемые по уровню −3 дБ, — не более 10 Гц и не менее 5 кГц соответственно. Фоточувствительный элемент и полосовой усилитель тахометра питаются от отдельного стабилизатора напряжения +9 В, выполненного на микросхеме DA2, и фильтрующих конденсаторов C4, C7. Это уменьшает влияние на работу фоточувствительного элемента и полосового усилителя помех, создаваемых импульсными и цифровыми узлами тахометра и распространяющимися по цепям питания.

На логических элементах DD10.1, DD10.2 собран формирователь прямоугольных импульсов напряжения (U1 на рис. 1) — триггер Шмитта, его пороги переключения заданы резисторами R15, R17. Двоичные счётчики импульсов DD13.1, DD13.2 и логические элементы DD10.3, DD10.4 образуют делители частоты на два, три и четыре (U2—U4 на рис. 1).

Узел светодиодного индикатора (H1 на рис. 1) состоит из усилителя тока на транзисторе VT3, резисторов R23, R24 и светодиода HL1. Резистор R23 задаёт ток базы транзистора VT3, а резистор R24 — ток, протекающий через светодиод HL1.

Логические элементы DD4.1, DD4.2 и резисторы R3, R4 образуют RS-триггер (D1 на рис. 1), управляемый кнопкой SB1.1. Генератор прямоугольных импульсов напряжения частотой f_1 = 100 кГц (G1 на рис. 1) включает в себя логические элементы DD3.1, DD3.2, резистор R6 и кварцевый резонатор ZQ1. Генератор прямоугольных импульсов напряжения частотой f_2 = 100 кГц (G2 на рис. 1) включает в себя логические элементы DD4.3, DD4.4, резистор R13 и кварцевый резонатор ZQ2. Соединённые между собой выводы 1 и 2 логического элемента DD8.1 — управляющий вход этого генератора. Логические элементы DD3.3 и DD6.4 — электронные коммутаторы (D2 и D3 на рис. 1).

Двоичный счётчик DD11 и логические элементы DD5.2, DD5.3, DD8.4 — делитель частоты на 2000 (U5 на рис. 1). Двоичный счётчик DD7, логические элементы DD9.1, DD9.2 и двоичный счётчик DD1, логические элементы DD5.1, DD6.2 — делители частоты на 200 (U6 и U7 на рис. 1 соответственно). Двоичные счётчики DD2.1, DD2.2 и логические элементы DD6.1, DD6.3 — делитель частоты на 20 (U8 на рис. 1).

Дифференцирующая цепь R22C10 — формирователь коротких импульсов напряжения (U9 на рис. 1). Десятичный счётчик импульсов DD12 (D5 на рис. 1) и логические элементы DD8.2, DD8.3, образующие RS-триггер (D4 на рис. 1), — формирователь прямоугольных импульсов напряжения фиксированной длительности, равной 18 мс и 1,8 мс соответственно на первом и втором пределах измерения. Резистор R16 устраняет неопределённое состояние тактового входа CN счётчика DD12 во время перемещения подвижного контакта переключателя SA1.2 из одного положения в другое.

Резисторы R18—R21 ограничивают на соответствующем пределе измерения максимальный ток, протекающий через микроамперметр PA1. Их переключает третья группа контактов переключателя SA1. Конденсатор C11 уменьшает дрожание стрелки микроамперметра PA1 при низкой частоте вращения воздушного винта. Вторая группа контактов кнопки SB1 закорачивает выводы микроамперметра PA1, когда измерение не производится, что устраняет опасные для него броски тока, возникающие во время включения и выключения прибора. При нажатой кнопке SB1 эта же группа контактов включает светодиод HL3, свечение которого показывает, что идёт измерение.

Стабилизатор напряжения, включающий в себя микросхему DA3 и фильтрующие конденсаторы C8, C9, C12, формирует на своём выходе напряжение +9 В, предназначенное для питания цифровых и импульсных функциональных узлов тахометра. Светодиод HL2 и токоограничивающий резистор R25 — узел индикации включённого состояния прибора, SA4 — выключатель питания.

Тахометр смонтирован навесным способом на макетной плате. Фотодиод VD1 помещён в цилиндрическую бленду, защищающую его чувствительный элемент от попадания постороннего света.

Неполярный оксидный конденсатор С2 — импортный, он заменим отечественным К50-6 или К50-15. Остальные оксидные конденсаторы — К50-35, вместо них можно использовать другие подобные. Керамические конденсаторы — К10-17-1а, вместо них подойдут КМ6 или импортные. Постоянные резисторы — С2-33, возможная замена — С2-23, МЛТ, ОМЛТ. Подстроечные резисторы — СП2-2а или другие подобные. Кварцевые резонаторы — РГ-01 или другие с частотой последовательного резонанса 100 кГц. Кнопка SB1 — КМ2-1, галетный переключатель SA2 — ПГК-3П3Н, переключатели SA1, SA4 — импортные, вместо них можно использовать другие аналогичные. Микроамперметр — М906 или другой с током полного отклонения стрелки 100 мкА.

Фотодиод ФДК-155 можно заменить другим, подходящим по техническим характеристикам. Вместо светодиодов серии АЛ307 допустимо использовать и другие подходящего цвета свечения. Замена полевого транзистора КП307Г — транзисторы этой же серии или серии КП303. Транзисторы КТ503Б можно заменить транзисторами этой же серии или другими аналогичными. Вместо ОУ КР1407УД3 можно использовать 1407УД3 с учётом различий в типе корпуса и назначении выводов. Микросхемы серии К561 могут быть заменены микросхемами серии 564 или импортными функциональными аналогами. Интегральные стабилизаторы напряжения КР1158ЕН9Г можно заменить другими этой же серии с выходным напряжением +9 В.

Налаживание функциональных узлов тахометра особенностей не имеет и выполняется по известным методикам. Стрелку микроамперметра РА1 устанавливают на последнее деление шкалы при калибровке прибора на пределах измерений 3000 и 30000 об/мин подстроечными резисторами R20 и R21 соответственно.

Во время измерения тахометром частоты вращения воздушного винта максимальное расстояние от фоточувствительного элемента прибора до плоскости диска, ометаемого лопастями вращающегося воздушного винта, не должно превышать 150...180 мм. Следует исключить попадание на фоточувствительный элемент тахометра пульсирующего светового потока, создаваемого источниками искусственного освещения, например, лампами накаливания или люминесцентными лампами.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ильин О.** Авиамодельный тахометр. — Радио, 2015, № 10, с. 38—40.
2. **Ильин О.** Авиамодельный тахометр. — Радио, 2019, № 2, с. 35—37.
3. **Ильин О.** Авиамодельный тахометр. — Радиолюбитель, 2019, № 7, с. 18, 19; № 8, с. 22, 23.
4. **Межлумян А.** Цифровая или аналоговая? — Радио, 1986, № 7, с. 25, 26.
5. **Алёшин П.** Стабильный одновибратор. — Радио, 1993, № 8, с. 40.

Доработка светодиодного фонаря

С. БИРЮКОВ, г. Москва

В светодиодном фонаре с пятнадцатью параллельно включёнными светодиодами вышла из строя свинцово-кислотная аккумуляторная батарея напряжением 4 В. Для её замены на батарею из современных Li-Ion аккумуляторов потребовалось дополнить фонарь зарядным устройством и драйвером, обеспечивающим стабилизацию тока через светодиоды.

Схема доработанного фонаря приведена на **рис. 1**. В нём использованы три готовые платы и два Li-Ion аккумулятора типоразмера АА и ёмкостью 1500 мА·ч, приобретённые в интернет-магазине.

Первая плата (А1) — зарядное устройство на один или два Li-Ion аккумулятора, собранное по схеме запрограммированного понижающего импульсного преобразователя напряжения на микросхеме ТР5100, маркировка — HW-370. Для установки зарядного тока 0,5 А из неё выпаяны два резистора сопротивлением 0,1 Ом, которые обеспечивали ток 2 А, и впаян один сопротивлением 0,22 Ом. Для того чтобы плата заряжала два аккумулятора, соединены контакты SET. Фотография доработанной платы приведена на **рис. 2**. Маркировка выводов платы на схеме условная, поскольку на плате они никак не обозначены. Питание зарядного устройства осуществляется от внешнего импульсного AC/DC преобразователя с выходным напряжением 12 В и допустимым током нагрузки 1 А.

Плата А2 — защитная. Она предотвращает перезарядку (эта функция реально не требуется, поскольку обеспечивается зарядным устройством А1), не допускает разрядку аккумуляторов ниже минимального уровня, отключает аккумуляторы при токовой перегрузке. Маркировка платы — FDC-2S-2, обозначение выводов платы соответствует указанной на схеме. Фотография платы приведена на **рис. 3**.

Плата А3 — понижающий импульсный преобразователь на микросхеме МР1584, доработанный для обеспечения стабилизации выходного тока, — драйвер светодиодов. Маркировка платы — D-SUN.

Микросхема вместе с обвязкой работает так, что поддерживает на своём выводе обратной связи FB напряжение 0,8 В. Для установки выходного напряжения в интервале от 0,8 до 20 В при штатной работе используется делитель R1R2. Для того чтобы стабилизировать ток через светодиоды фонаря на уровне 250 мА, на вывод FB микросхемы следует подать напряжение с резистора, включённого последовательно со светодиодами (R4 на рис. 1). На этом резисторе при требуемом токе должно быть напряжение 0,8 В, следовательно, его сопротивление должно быть

R4 = 0,8/0,25 = 3,2 Ом.

Автор установил три параллельно соединённых резистора КИМ-0,05 сопротивлением 10 Ом (**рис. 4**). Однако непосредственная подача напря-

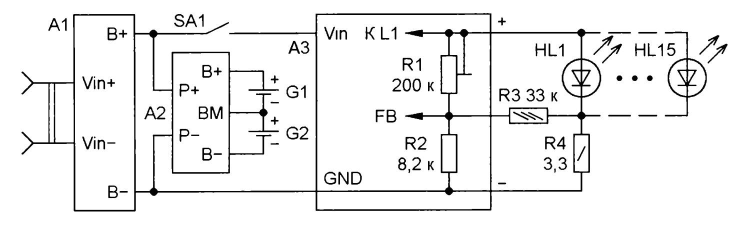


Рис. 1

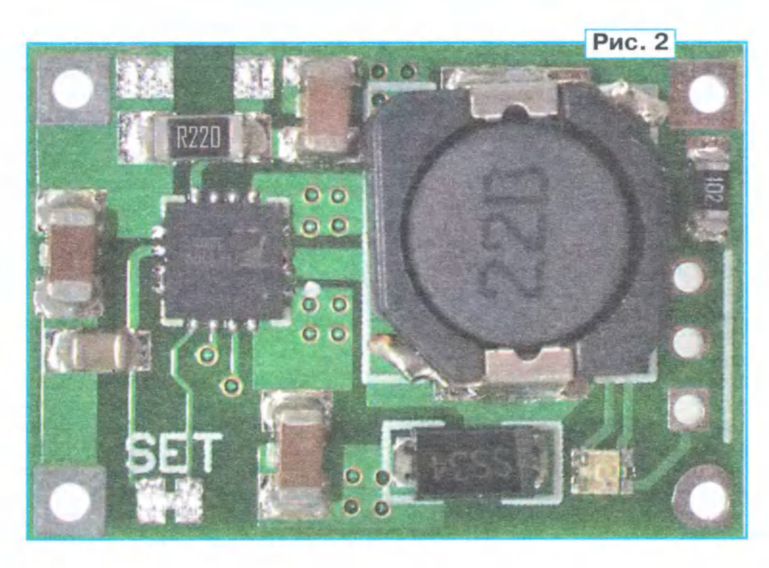


Рис. 2

жения обратной связи с резистора R4 на вход FB микросхемы вызвала паразитную генерацию устройства при напряжении питания от 5 до 7 В, внешне это выглядело как снижение выходного тока. Было высказано предположение, что генерация вызвана слишком большим коэффициентом усиления в цепи обратной связи, для уменьшения которого был установлен резистор R3. При его сопротивлении 10 кОм генерация сохранилась в интервале напряжения питания от 5 до 6 В, при 33 кОм — отличная стабилизация тока при напряжении питания 5 В и выше, это проверялось до напряжения 20 В. Ток через светодиоды в небольших пределах можно подстраивать штатным резистором R1.

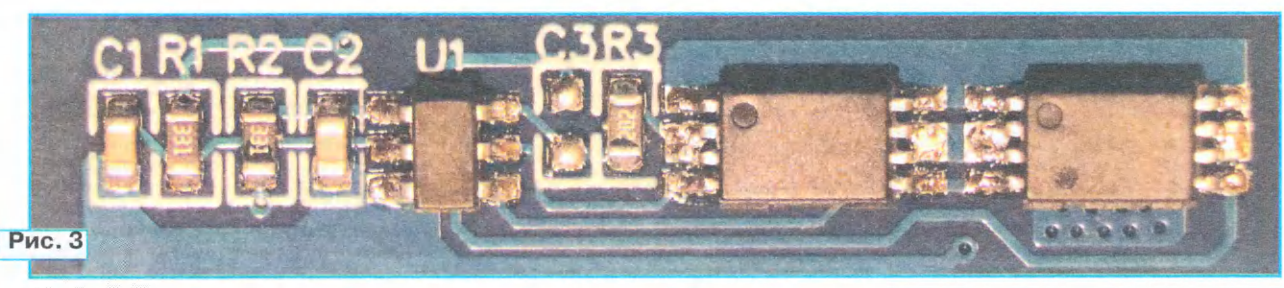


Рис. 3

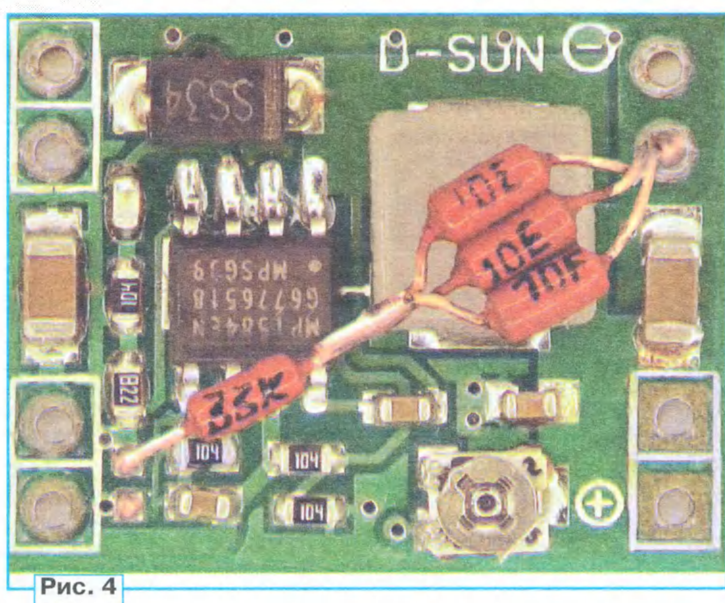


Рис. 4

Такое построение цепи обратной связи по току с резистора R4 и по напряжению через резистор R1 приводит к неидеальности генератора тока, что может вызывать небольшие изменения тока светодиодов при изменении температуры, но они несущественны для данного применения.

Некоторые советы по сборке устройства. Перед установкой резисторов R3 и R4 резистором R1 следует установить на выходе модуля А3 напряжение 4 В при входном напряжении 6...12 В. Для подключения резистора R3 к входу FB (вывод 4) микросхемы MP1584 на плате А3 удобно использовать верхнюю из пары контактных площадок, имеющихся на плате ниже (по рис. 4) резистора R2 (маркировка 822). Эта пара площадок позволяет установить параллельно подстроечному резистору R1 или вместо него постоянный. Если установить правильно подобранный резистор параллельно R1, можно сделать более плавной и точной подстройку выходного напряжения, особенно для малых значений. Если установить постоянный резистор вместо R1, повысится надёжность устройства вследствие исключения относительно ненадёжного контакта.

Аккумуляторы должны быть из одной партии. Если использовать аккумуляторы без выводов и устанавливать в пенал с контактами, их необходимо зарядить каждый индивидуально, а затем установить в собранное устройство. Зарядку можно произвести с помощью платы А1 без перемычки между контактами SET, но с установленным резистором 0,22 Ом.

Более надёжный вариант — использование аккумуляторов с ленточными никелевыми выводами, но их пайка требует особого внимания для полного исключения случайного короткого замыкания выводов из-за очень больших токов КЗ. Лучше полностью разрядить аккумуляторы, затем собрать их с защитной платой А2 и в этой сборке зарядить каждый в отдельности.

На месте модуля А2 можно применить балансировочную плату, которая не только защищает аккумуляторы, но и выравнивает напряжение на них. Эти платы дороже, но продлевают срок службы аккумуляторов.

Если конструкция фонаря позволяет установить в нём стандартную светодиодную лампу напряжением 12 В и мощностью до 3 Вт, например, коническую с цоколем GU5.3 или автомобильную, можно получить очень эффективный осветительный прибор. В этом случае в источнике питания лучше использовать один или два Li-Ion аккумулятора типоразмера 18650, а в качестве платы А3 установить повышающий преобразователь, настроенный на напряжение 13...14 В. Лампы вполне допускают несколько повышенное напряжение, при этом повышается КПД преобразователей. В плате А1 выходной ток следует установить 1 А, для чего необходимо удалить один из резисторов сопротивлением 0,1 Ом. ■

Применение конфигурируемых логических элементов микроконтроллера в узлах антидребезга

А. КУЗЬМИНОВ, г. Москва

В статье приведены аппаратные и программные средства узлов антидребезга, дающих возможность прямого подключения к микроконтроллеру (МК) EFM8LB12 коммутационных изделий. Сконструированные на основе встроенных в МК конфигурируемых логических элементов (Configurable Logic Unit — CLU) эти узлы подавления дребезга контактов работают автономно, не требуя участия процессора МК для своего функционирования. Применение CLU позволяет отказаться от дополнительных аппаратных средств (активные и пассивные компоненты), обычно используемых в антидребезговых узлах, что существенно упрощает "обвязку" МК и приводит к снижению сложности схемы всего устройства, уменьшению размеров его платы и корпуса для него и в конечном счёте — к значительной экономии средств на производство самого устройства и повышению надёжности его работы.

Как известно, любое коммутационное изделие (например, различного рода кнопки, переключатели, тумблеры, устройства с герметичными контактами — герконы и т. п.), использующее контакты, характеризуется их дребезгом. Это проявляется в том, что при коммутировании вместо одного фронта или спада сигнала возникает целая серия импульсов, иногда достаточно высокочастотных длительностью от долей до десятков миллисекунд. Если такое коммутационное устройство подключается, например, к микроконтроллеру (МК), который реагирует на фронт или спад импульса, это приводит к ложным срабатываниям. Для исключения подобных ситуаций применяют два подхода. Первый основан на аппаратных средствах. Это могут быть различного рода антидребезговые узлы на основе микросхем, конденсаторов и резисторов. Недостаток такого подхода — наличие самих аппаратных средств, подводка к ним питания и т. п. Хотя стоимость этих средств и невелика, однако место, занимаемое ими на плате, на порядок больше места, занимаемого корпусом МК (4×4 мм — QFN32 и ещё меньше — 3×3 мм — QFN24 у МК EFM8LB12). А увеличение в разы площади платы приводит к такому же повышению её стоимости. Кроме того, больший размер платы требует соответствующего увеличения размера корпуса под неё, что ещё больше увеличивает стоимость устройства. Второй подход — программные средства. Они используют различного рода задержки с длительностью, заведомо превышающей длительность процесса дребезга контактов. Однако программные средства обладают существенным недостатком, поскольку требуют дополнительных ресурсов МК: необходимую работу процессора для выполнения подобной программы, увеличение памяти для её хранения и т. п.

Избежать подобных аппаратных и программных средств позволяет одно интересное новшество, которое в последнее время стали вводить в состав МК. Речь идёт о встроенных в МК конфигурируемых логических элементах — Configurable Logic Unit, сокращённо CLU. Такие CLU работают абсолютно автономно, совершенно не требуют участия процессора МК и, кроме того, могут даже обходиться вообще без тактирования, т. е. работать в асинхронном режиме. Информация об особенностях CLU крайне скудна. Что в руководстве пользователя МК EFM8LB12 [1], что в примере применения [2] не описаны даже все функции CLU, не говоря уже о способах их применения и особенностях. Поэтому для того чтобы было понятно дальнейшее изложение, ниже, в кратком виде, приводятся все функции CLU и особенности их применения при совместной работе с таймерами.

Итак, в МК EFM8LB12 имеются четыре CLU: CLU0, CLU1, CLU2 и CLU3. Каждый CLU имеет три входа (A, B и C) и один выход. Входы A и B — стандартные логические входы, а вход C — дополнительный вход переноса (carry) с выхода предыдущего CLU. Например, вход C CLU1 — это выход CLU0, вход C CLU0 — выход CLU3 и т. п., они как бы расположены по кругу. Функции каждого CLU — основные функции логических элементов: И (AND), ИЛИ (OR), исключающее ИЛИ (XOR) и НЕ (NOT). Записываются функции следующими значками: "&" — И, "|" — ИЛИ, "^" — исключающее ИЛИ, "~" — НЕ. Кроме того, используются значки скобок "(", ")" и символы "A", "B" и "C". Например, чтобы получить один логический элемент 2И-НЕ, необходимо записать ~(A&B). При этом соответствующий CLU будет выполнять эту функцию, а перенос C учитываться не будет (поскольку C в выражение не входит). Входы каждого CLU можно подключить к внешним выводам (портам) МК (их, правда, ограниченное число), к выходу этого же либо другого CLU, к выходам таймеров. Выходы каждого CLU можно вывести на внешние выводы МК (порты) напрямую (автономный или асинхронный режим работы), причём для каждого выхода CLU существует один-единственный порт, изменить который нельзя. Например, для выхода CLU2 предусмотрен порт P2.2, а для выхода CLU3 — порт P2.5 для EFM8LB12-QFN32. Кроме того, выходы каждого CLU можно подключить к входу данных (D) встроенного D-триггера, который может тактироваться по входу C либо системной тактовой частотой (SYSCLK), либо таймером (ALTCLK), а выход этого триггера уже подключить к внешнему порту. Этот режим в описании МК называется синхронным. Кроме того, выход CLU можно подключить к таймеру, работающему в режиме автоперезагрузки (T2—T5), для того чтобы его принудительно перезагрузить в любое время, т. е. асинхронно.

Теперь после этих пояснений несложно уже будет понять функциональные схемы тестируемого устройства на МК, на основе которого сконструированы два антидребезговых узла.

В качестве коммутирующих элементов автор использовал герконы, хотя вместо них можно использовать любые другие коммутационные устройства (кнопки, переключатели, тумблеры и т. п.).

Первый функциональный вариант (**рис. 1**) основан на RS-триггере, построенном на двух CLU — CLU1 и CLU2. Это хорошо известный узел, который можно найти во многих источниках, в том числе и в Интернете, построенный на двух элементах 2И-НЕ микросхемы К561ЛА7. Геркон SF1 — МКС-17103 с переключаемыми контактами. Работа узла очень проста. При первом же касании переключаемого контакта правого (по схеме) контакта геркона триггер перебрасывается в противоположное состояние, на выходе образуется единственный спад, и дальнейший дребезг контактов не приводит к изменению

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 1

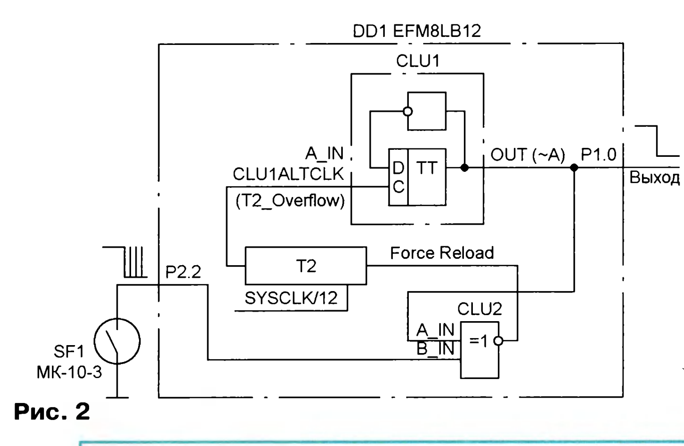


Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

состояния триггера. При обратном переключении геркона на выходе образуется единственный фронт. Как видно из схемы, чтобы получить такой RS-триггер, необходимо выход CLU1 соединить с входом B CLU2, выход CLU2 соединить с входом B CLU1, входы A CLU1 и CLU2 подключить к внешним портам (P2.2 и P2.1 соответственно), а выход CLU1 подключить к внешнему порту P1.0. Почему использованы именно эти порты, будет объяснено далее. Кроме того, для каждого CLU необходимо записать выражение ~(A&B). Более подробно это будет рассмотрено в описании программных средств. На схеме не показаны резисторы, подтягивающие входы A триггера к плюсовой линии питания, как это организовано в триггере на основе микросхемы К561ЛА7. Роль этих резисторов выполняют "слаботоковые подтяжки" (Weak Pullup), которые должны быть разрешены (Pullups enabled — см. далее). Как видно, схема рис. 1 весьма проста, и для того чтобы её создать "внутри" МК, как будет видно из дальнейшего изложения, не потребуется особых усилий.

Второй вариант (**рис. 2**) несколько посложней, однако он позволяет работать с герконом МК10-3 (SF1) с двумя контактами на замыкание. Но для того чтобы понять принцип работы, сделаем некоторое отступление относительно работы таймера (в нашем случае, T2) в режиме автоперезагрузки и возможности его принудительной перезагрузки от CLU.

В таймере T2, работающем в режиме автоперезагрузки, существуют два однобайтных регистра, которые считают поступающие входные импульсы. Это регистр TMR2L (младший) и TMR2H (старший). Вместе они составляют 16 разрядов, т. е. T2 может считать до 2^{16} = 65536, точнее до 65535_{10} = $FFFF_{16}$, а с приходом 65536-го импульса таймер переполняется. У T2 есть ещё два регистра перезагрузки TMR2RLL (младший) и TMR2RLH (старший). Когда происходит событие переполнения T2, значения, записанные в регистрах TMR2RLL и TMR2RLH, переписываются в регистры TMR2L и TMR2H соответственно, и таймер начинает новый счёт.

Приведём пример. Пусть системная тактовая частота (SYSCLK) равна 72 МГц, а на T2 подаётся частота SYSCLK/12, т. е. 6 МГц. И если требуется, чтобы T2 перезагружался с частотой, например, 100 Гц, необходимо, чтобы он считал до 6000000 Гц/100 Гц = = 60000. Для этого надо из 65536 вычесть 60000: 65536 – 60000 = 5536 (0x15A0). Вот это число и надо записать в TMR2RLL (0xA0) и TMR2RLH (0x15) и, кроме того, его же надо записать при начальной загрузке в регистры TMR2L (0xA0) и TMR2H (0x15). Если требуется, чтобы T2 перезагружался с частотой 2000 Гц, надо число 62536 (0xF448) (что нетрудно подсчитать) также записать в TMR2L, TMR2H, TMR2RLL и TMR2RLH. Это значение использовано автором в программе (см. далее).

Итак, таймер T2 работает только в режиме автоперезагрузки. Так вот, новшество, связанное с CLU, состоит в том, что его перезагрузка возможна не только тогда, когда он переполнится (T2_Overflow), но и тогда, когда поступит сигнал от CLU (в данном случае от CLU2, см. рис. 2). Этот режим называют принудительной (или форсированной) перезагрузкой (Force Reload).

Теперь, после этого отступления, можно уже объяснить суть идеи работы узла по рис. 2. Пусть при дребезге контактов геркона F1 с него поступают импульсы на CLU2. Каждый импульс будет перезагружать T2 и заставлять его считать сначала, т. е. не давать ему досчитать до переполнения. Когда дребезг прекратится, T2 будет последний раз перезагружен (последним импульсом дребезга) и будет уже считать до переполнения. Как только он переполнится (T2_Overflow), T-триггер на основе CLU1, созданный из D-триггера путём соединения выхода CLU с входом A, выдаст единственный спад на выходе CLU1. Как видно из рис. 2, CLU2 представляет собой исключающее ИЛИ-НЕ. При размыкании контакта на выходе CLU1 будет уже единственный фронт, т. е. узел перейдёт в первоначальное состояние. Почему используются T-триггер на CLU1 и схема исключающее ИЛИ-НЕ на CLU2? Если рассмотреть все состояния таблицы истинности схемы, то так и получится. Более подробно работа этого узла объясняется в [2].

Как видно из объяснений работы этих вариантов, они не требуют участия процессора МК в своём функционировании, т. е. работают автономно.

Схема тестовой платы (**рис. 3**), как можно убедиться, весьма проста. Питание (+5 В) от стабилизированного источника питания поступает на двухконтактный разъём XP2 (WF-02). Это напряжение подаётся на вход интегрального стабилизатора DA1 (LP2950Z3.3) с выходным напряжением +3,3 В, которое поступает на выводы питания МК (выводы 2 и 3 DD1). Конденсаторы C1, C3 и C4 — блокировочные. Для индикации наличия питания +5 В на плате используется светодиод HL1 с токоограничивающим резистором R1. На разъём XP1 (WF-03) подаются сигналы с USB DEBUG-адаптера для программирова-

ния МК по интерфейсу C2. RC-цепь R2R3C2 служит для штатной работы МК DD1 как в режиме программирования, так и в основном режиме работы — для запуска МК при включении питания. Вместо USB DEBUG-адаптера МК можно запрограммировать по интерфейсу RS232 с COM-порта компьютера [3]. На четырёхконтактный штыревой разъём XP3 (PSLM4) выведены соответствующие сигналы для подключения к осциллографу. К трёхконтактному цанговому гнезду XS1 (SIP3) подключаются герконы и кнопка (**рис. 4**). Кнопку просто вставляют в разъём тремя своими контактами, а герконы распаяны на ответных (штыревых) разъёмах XP1 (PSLM3), которые вставляют в разъём XS1. Питание на разъём XP2 (см. рис. 3) подаётся по кабелю, на одном конце которого расположен ответный разъём HU-02, а второй его конец подключают к источнику питания разъёмом PC4TB.

Тестовое устройство (**рис. 5**) собрано на макетной плате, все соединения выполнены проводом МГТФ-0,03 с противоположной установки деталей стороны платы. МК EFM8LB12 расположен на переходнике QFN32—PGA32, разводка и номера контактов которого приведены в [4]. Все конденсаторы — керамические выводные, рассчитанные на номинальное напряжение 50 В. Резисторы — выводные.

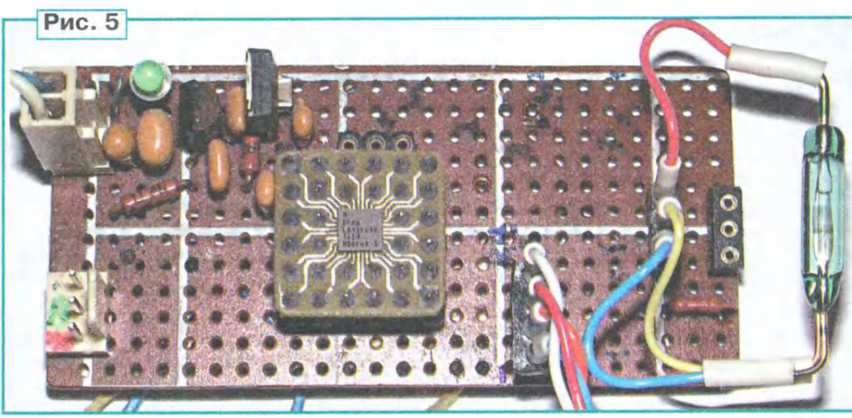


Рис. 5

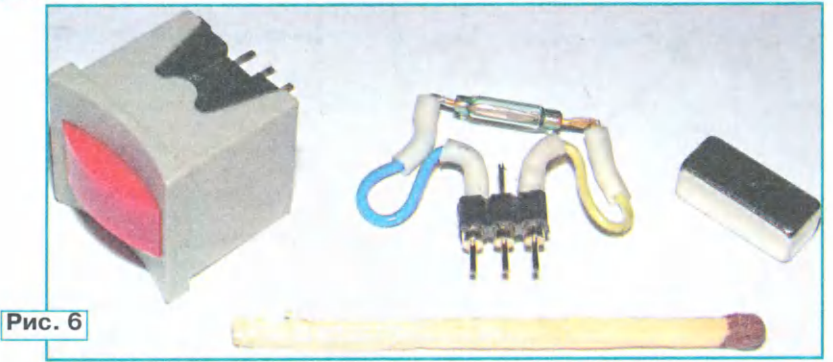


Рис. 6

Как уже упоминалось выше, кнопку (слева на **рис. 6**) просто вставляют в трёхконтактный разъём платы, а герконы распаяны на трёхконтактный штыревой разъём (в середине рис. 6), вставляемый в ответный разъём платы. Для создания магнитного поля, при определённой напряжённости которого замыкаются герконы, автор использовал неодимовый постоянный магнит (справа на рис. 6). Если провести таким магнитом на расстоянии около 10...15 мм от геркона, последний срабатывает. Это весьма сильный магнит, способный удерживать груз массой до 1,7 кг. Однако, как показала практика, герконы могут срабатывать и от довольно слабых и дешёвых ферритовых магнитов, которые используются для прикрепления к корпусу холодильника различных календарей, картинок и прочих безделушек. Такие магниты заставляют срабатывать герконы при приближении к ним на расстояние около 5...10 мм. Почему автор приводит эти опытные данные? Дело в том, что в описании герконов (МКС-17103, МК-10-3) приводятся параметры катушки с током, внутрь которой помещают геркон, — её размеры, число витков и ток, при котором срабатывает геркон. Но магнитное поле можно создать и постоянным магнитом. Поэтому, если говорить строго, необходимо приводить напряжённость магнитного поля в соответствующих единицах, при которой срабатывает геркон, а уж чем создавать это поле, это второй вопрос. К сожалению, таких данных нет в описании, поэтому автор и приводит результаты экспериментов.

В качестве программных средств автор использовал среду программирования Simplisity Studio, бесплатно поставляемую компанией Silicon Laboratories. Программа для каждого варианта антидребезговых узлов состоит из программы инициализации устройства (InitDevice.c) и основной (main).

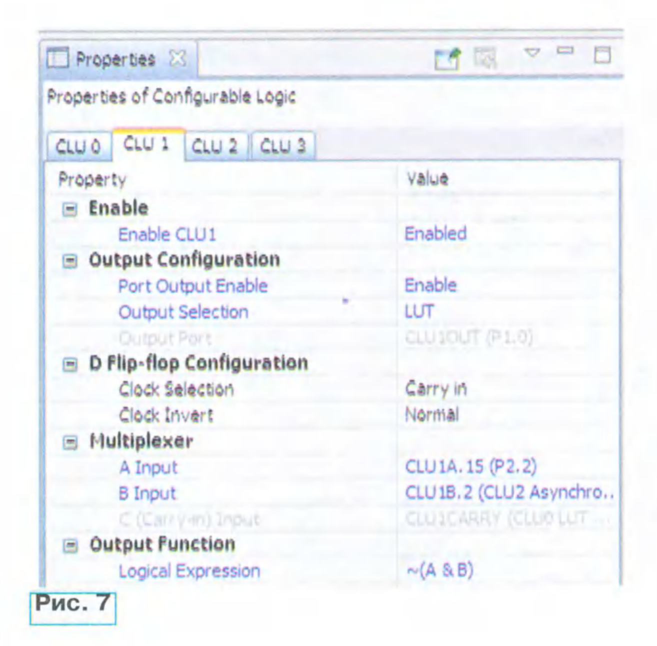


Рис. 7

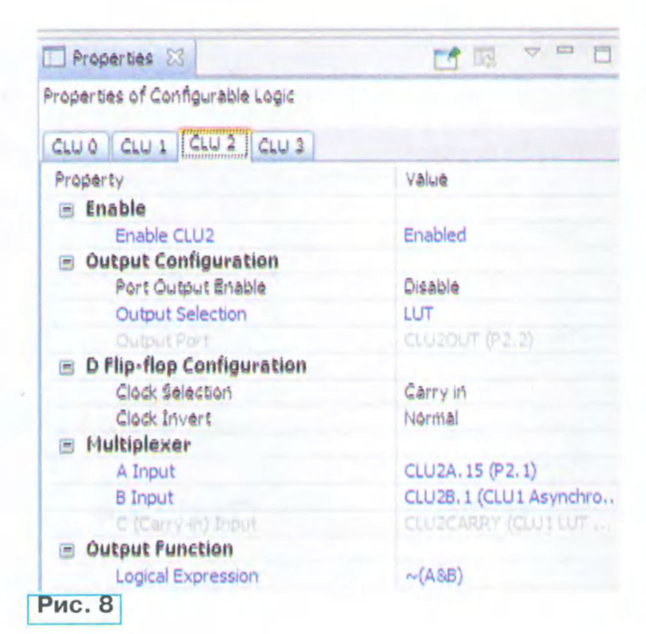


Рис. 8

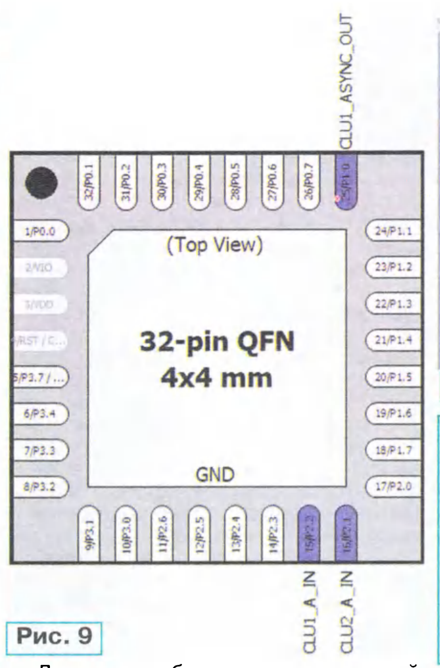


Рис. 9

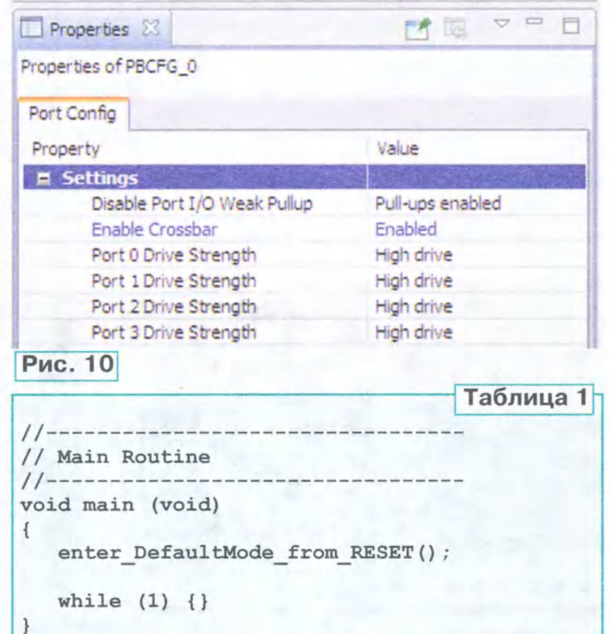


Рис. 10

Таблица 1

```
//---------------------------------
// Main Routine
//---------------------------------
void main (void)
{
  enter_DefaultMode_from_RESET();

  while (1) {}
}
```

Для того чтобы не создавать новый проект программы, для варианта, показанного на рис. 1, автором был использован уже готовый проект программы EFM8LB1_Configurable_ Logic_AND, приведённый в Simplisity Studio в качестве примера работы простейшей функции CLU A&B для МК EFM8LB12F64-QFN32. Эта программа была модифицирована под схему рис. 1. Программа инициализации устройства (InitDevice.c) создаётся средой Simplisity Studio автоматически с помощью конфигуратора, где необходимо указать настройки всех устройств МК. Поскольку эти настройки, кроме CLU1 и CLU2, стандартные, они не приводятся. А вот настройки для CLU1 и CLU2 показаны на **рис. 7** и **рис. 8**. Для CLU1 (рис. 7) разрешаем CLU1 (Enabled), разрешаем вывод выхода CLU1 в порт, указываем, что выход CLU будет асинхронным (LUT — Look Up Table — таблица истинности), обращаем внимание, что для выхода CLU1 используется порт P1.0, для входа A — порт P2.2, для входа B — асинхронный выход CLU2, а логическое выражение функции CLU1 записываем как ~(A&B), т. е. 2И-НЕ. Таким образом, верхняя часть узла по рис. 1 настроена. Аналогично настраиваем CLU2 (рис. 8). Здесь вывод в порт CLU2 запрещаем (Disable).

Далее следует переключиться на опцию Default Port I/O, после чего откроется окно (**рис. 9**), в котором слева будет показан корпус МК и отражены все три сигнала CLU, а справа (**рис. 10**) — свойства входных портов и, в частности, свойство Pull-ups enabled, разрешающее "слаботоковые подтяжки". По умолчанию порты МК настроены как цифровые входы (Digital Open Drain I/O), поэтому порты P2.1 и P2.2 не трогаем (это как раз цифровые входы), а порт P1.0 устанавливаем как цифровой выход (Digital Push-Pull Output) — это выход CLU1. На этом настройка заканчивается.

Для сохранения настроек необходимо нажать в левом верхнем углу экрана кнопку с обозначением двойной дискеты. При этом автоматически создастся код программы инициализации устройства (InitDevice.c), в которой все настройки будут уже описаны на C51.

Таблица 2

```
extern void enter_DefaultMode_from_RESET(void) {
...
```

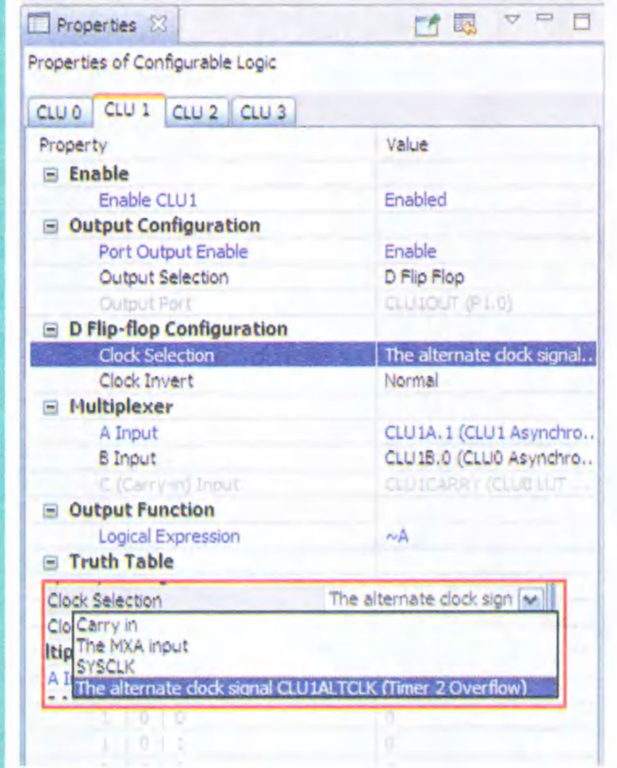


Рис. 11

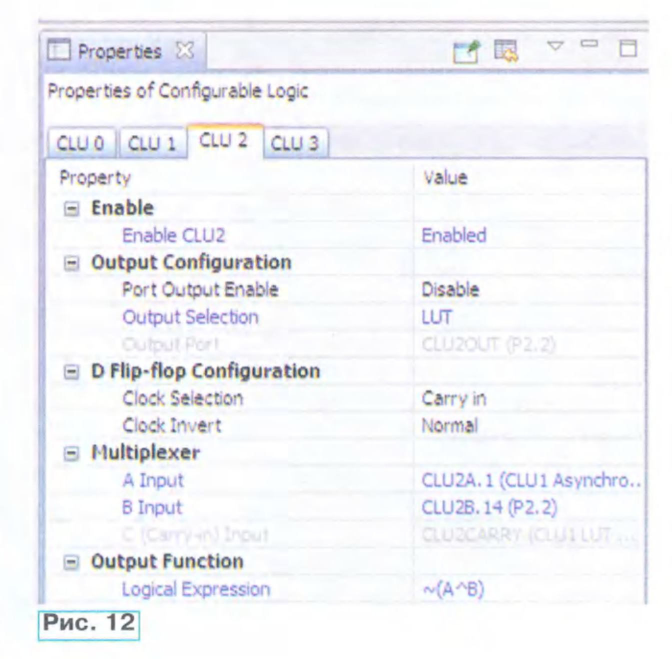


Рис. 12

В основной же программе EFM8LB1_Configurable_Logic_AND.c будут только обращение к программе InitDevice.c (enter_DefaultMode_from_ RESET();) и оператор бесконечного обращения к самому себе (while (1) {}).

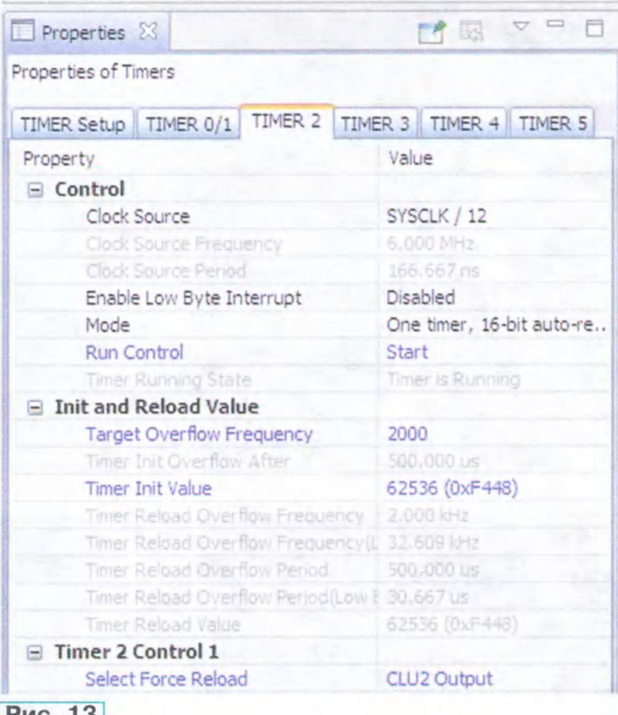


Рис. 13

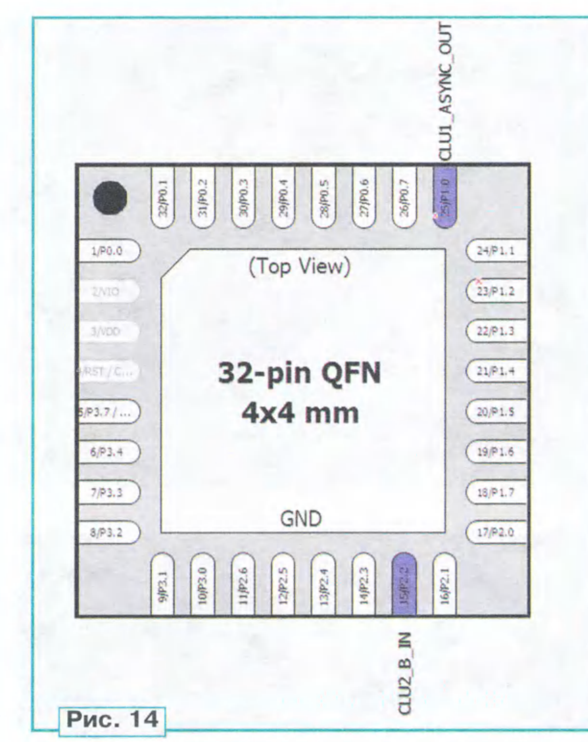


Рис. 14

Текст основной программы приведён в **табл. 1**.

В программе InitDevice.c подпрограмма enter_DefaultMode_from_RESET обозначена как внешняя (extern) по отношению к основной программе (main), которая её вызывает (**табл. 2**).

После окончания генерации программы InitDevice.c необходимо оттранслировать всю программу (проект), выбрав в опции Project подопцию Build Project. При этом сгенерируется программа загрузочного формата EFM8LB1_Configurable_Logic_AND.hex, которую следует запрограммировать в МК.

Тексты программ EFM8LB1_Configurable_Logic_AND.c, InitDevice.c и оттранслированная программа загрузочного формата EFM8LB1_Configurable_Logic_AND.hex приведены в дополнительных материалах к статье на сайте журнала.

Здесь следует отметить, что автором не написано ни единой строчки кода на C51. Всё сгенерировано конфигуратором автоматически по приведённым на **рис. 7—рис. 10** настройкам.

Для схемы рис. 2 автором использован готовый проект EFM8LB1_Configurable_Logic_Button_Debounce (дребезг кнопки). Настройки для CLU1 и CLU2 приведены на **рис. 11** и **рис. 12**, а для таймера T2 — на **рис. 13**. Настройки для CLU1 и CLU2, на взгляд автора, объяснять нет необходимости — из рис. 11 и рис. 12 всё и так понятно. В настройках для T2 необходимо обратить внимание, что он запущен (Start), его выходная частота — 2 кГц, а принудительная перезагрузка (Force Reload) осуществляется с выхода CLU2 (CLU2 Output). В настройке портов (**рис. 14**) выход CLU1 (порт P1.0) необходимо также установить как цифровой выход (Digital Push-Pull Output).

Здесь следует отметить, что проект EFM8LB1_Configurable_Logic_Button_Debounce в оригинале сделан довольно странно. Часть настроек сделана с помощью конфигуратора, а часть — в виде текста в основной программе (main). В настройках конфигуратора оба CLU запрещены, логическое выражение записано странной формулой (A&~A)&(C^B|A). Автором, как и в предыдущем проекте, все настройки перенесены в конфигуратор, а в основной программе весь текст был удалён (точнее, закомментирован), и оставлены единственное обращение к программе инициализации устройства и оператор while (1) {}, т. е. программа main имеет тот же вид, что и в предыдущем проекте. Кроме того, в отличие от функциональной схемы, приведённой в [2] (исключающее ИЛИ — A^B), использована функция исключающего ИЛИ с инверсией ~(A^B). Это сделано для единообразия со схемой на

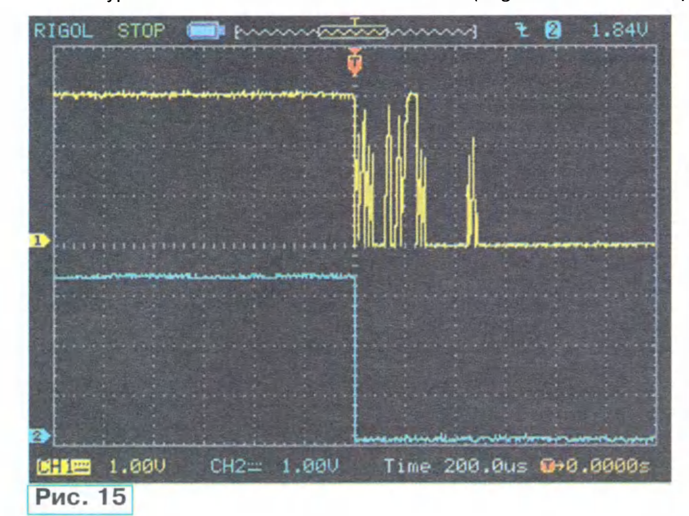


Рис. 15

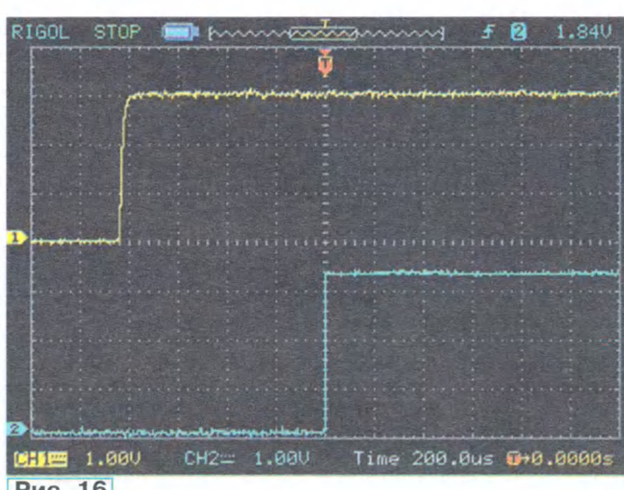


Рис. 16

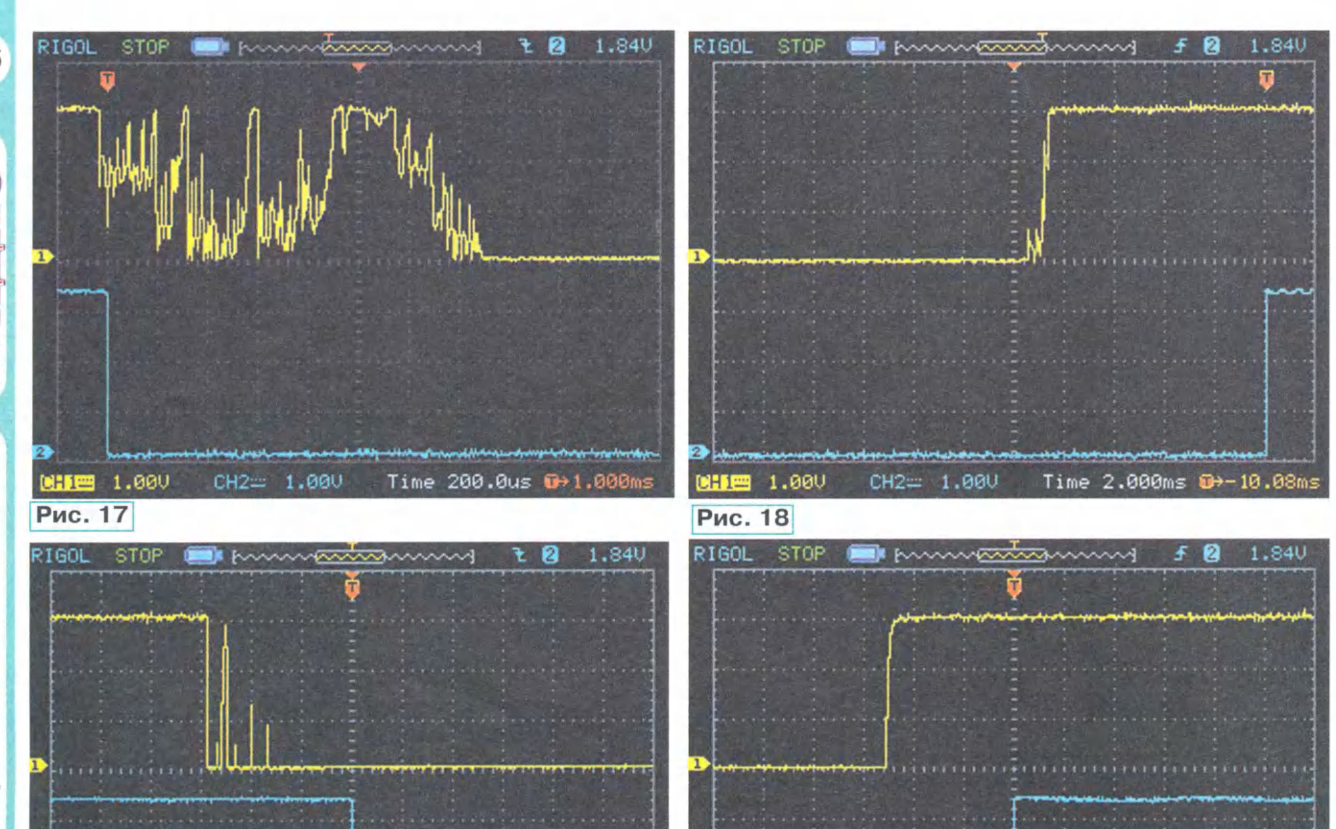


Рис. 17

Рис. 18

RIGOL STOP 1.84V
CH1 1.00V CH2 1.00V Time 200.0us 0.0000s

Рис. 19

RIGOL STOP 1.84V
CH1 1.00V CH2 1.00V Time 200.0us 0.0000s

Рис. 20

рис. 1 зависимости выходного сигнала от входного.

Программы EFM8LB1_Configurable_Logic_Button_Debounce.c, InitDevice.c и оттранслированная программа EFM8LB1_Configurable_Logic_Button_Debounce_2.hex приведены в дополнительных материалах к статье на сайте журнала.

Осциллограммы входных и выходных сигналов, снятые двухканальным цифровым осциллографом, показаны на **рис. 15—рис. 20** при замыкании (рис. 15, рис. 17, рис. 19) и размыкании (рис. 16, рис. 18, рис. 20) контактов. Верхняя осциллограмма (жёлтого цвета) соответствует сигналу с геркона или кнопки, нижняя (бирюзовая) — с выхода устройства. На всех осциллограммах, кроме рис. 18, разрешение по горизонтали соответствует 200 мкс/дел. (надпись "Time 200.us"), на рис. 18 — 2 мс/дел. (надпись "Time 2.000ms"). Разрешение по вертикали на обоих каналах соответствует 1 В/дел. (надписи "CH1 1.00V", "CH2 1.00V").

Из анализа осциллограмм можно сделать следующие выводы.

1. Оба узла, схемы которых представлены на рис. 1 и рис. 2, идеально отрабатывают свою функцию — они дают единственные срезы и фронты несмотря на дребезг контактов.

2. Дольше всех дребезжит кнопка (около 1,6 мс), дребезг геркона с переключаемыми контактами (МКС-17103) — около 500 мкс, а дребезг двухконтактного геркона (МК-10-3) самый короткий — чуть менее 300 мкс.

3. Интересная особенность осциллограмм рис. 19, рис. 20. Разница по времени между двумя фронтами рис. 20 равна 500 мкс (2,5 деления), что соответствует частоте 2 кГц таймера T2 (как и было заявлено на рис. 13). А на рис. 19 500 мкс — расстояние по времени между большим пиком (жёлтого цвета) и срезом (бирюзового цвета). Малые амплитуды двух крайних пиков на верхней осциллограмме рис. 19 уже не способны перезагрузить таймер.

Таким образом, автономная работа CLU не требует программ с участием процессора МК (дополнительной программной памяти и ресурсов процессора); кроме того, применение CLU не снижает быстродействие процессора МК.

Встроенные CLU дают возможность создавать внутри МК несложные логические устройства с такими функциональными свойствами (например, антидребезговые узлы, RS- и T-триггеры и т. п.), которые ранее требовали дополнительных аппаратных средств (микросхемы и другие электронные компоненты), и тем самым позволяют от них избавиться. А это, в свою очередь, существенно упрощает "обвязку" МК, что приводит к снижению сложности схемы всего устройства, уменьшению размеров его платы и корпуса для него и в конечном счёте — к значительной экономии средств на производство самого устройства, а также к существенному повышению надёжности его работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. EFM8 Laser Bee Family. EFM8LB1 Reference Manual. — URL: **https://www.silabs.com/documents/public/reference-manuals/efm8lb1-rm.pdf** (02.04.22).

2. AN921: Configurable Logic Unit. — URL: **https://manualzz.com/doc/9382922/an921** (02.04.22).

3. **Кузьминов А.** Программирование микроконтроллеров EFM8 с помощью встроенного загрузчика программ. — Радио, 2018, № 12, с. 11—14.

4. **Кузьминов А. Ю.** Связь между компьютером и микроконтроллером. Современные аппаратные и программные средства. — М.: Издательство "Перо", 2018.

***От редакции**. Упомянутые в статье программы находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/05/CLU_EFM8.zip** на нашем ftp-сервере.*

Применение интегральных таймеров

Н. САЛИМОВ, г. Ревда Свердловской обл.

Предлагаемые вниманию читателей конструкции разработаны по мотивам статьи [1]. На **рис. 1** приведена схема генератора прямоугольных импульсов имеющих форму меандра (скважность — 2 или коэффициент заполнения 0,5). Вместо включения диода, предлагаемого в упомянутой статье (рис. 3,а), используется транзисторный оптрон. Когда на выходе генератора присутствует высокий уровень, через излучающий диод оптрона протекает ток и фототранзистор оптрона открывается, шунтируя резистор R2, и зарядный ток конденсатора C1 определяется в основном сопротивлением резистора R1. После зарядки конденсатора на выходе генератора появится низкий уровень, излучающий светодиод оптрона будет обесточен, а фототранзистор — закрыт. В это время происходит разрядка конденсатора C1 через резистор R2, сопротивление которого и определяет разрядный ток. Таким образом, зарядка и разрядка конденсатора происходят через приблизительно равные по сопротивлению цепи, что обеспечивает равенство длительности импульса и паузы выходных импульсов. Сопротивления резисторов (R1 = R2 = R) определяют период следования выходных импульсов в соответствии с формулой T=1,4RC1. Единица измерения периода — секунда, сопротивления резистора R — Ом, ёмкости конденсатора — фарада. Частота и период связаны формулой F=1/T. Осциллограммы выходного сигнала без обратной связи через оптрон показаны на **рис. 2**. Канал 1 — выходной сигнал, канал 2 — напряжение на конденсаторе C1. Осциллограммы этих же сигналов с оптроном показаны на **рис. 3**.

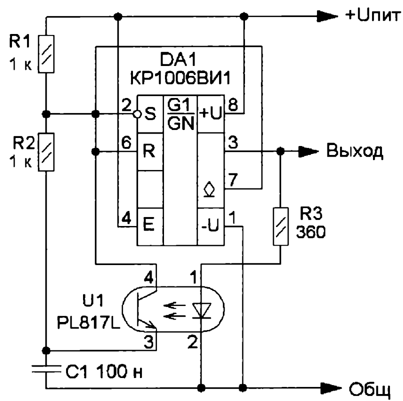


Рис. 1

В процессе проведения экспериментов была проверена работа генератора с кремниевым диодом КД522А, германиевым диодом Д9Г. Наихудший результат получен с кремниевым диодом, близкий к оптимальному — с германиевым и наилучший результат — с оптроном.

Схема акустического выключателя, разработанного на основе схемы сенсорного выключателя (рис. 4 в [1]), приведена на **рис. 4**. Приёмник звуковых сигналов — микрофон BM1, на транзисторе VT1 собран усилитель сигнала звуковой частоты, на транзисторе VT2 — инвертор сигнала. На таймере DA1 собран одновибратор, выходной сигнал которого поступает на вход D-триггера DD1.1. Полевой транзистор VT3 и реле K1 обеспечивают коммутацию нагрузки, подключаемую к контактам XT1—XT6.

В исходном состоянии транзистор VT1 открыт, транзистор VT2 закрыт, на входе S таймера DA1 присутствует высокий уровень, а на его выходе — низкий уровень. Триггер DD1.1 устанавливается в нулевое состояние цепью R6C3 при включении питания. Поэтому на прямом выходе триггера будет низкий уровень, транзистор VT3 закрыт, и реле обесточено. При поступлении звукового сигнала он усиливается транзистором VT1, и открывается транзистор VT2. Низкий уровень на входе S запускает одновибратор на таймере DA1, и на его выходе формируется импульс длительностью около 0,5 с. Триггер DD1.1 переключается по положительному пе-

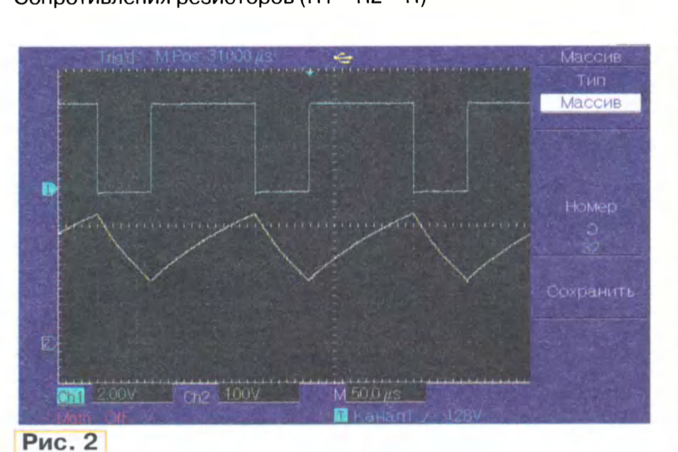


Рис. 2

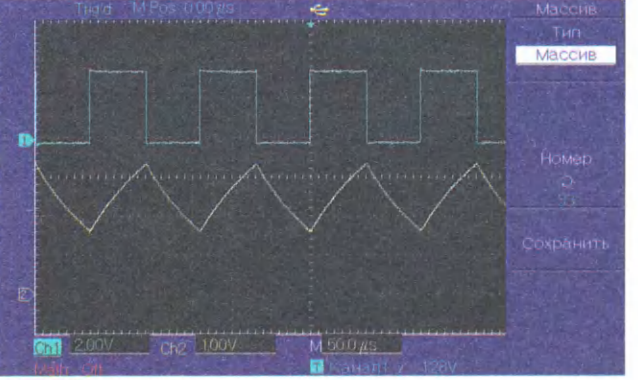


Рис. 3

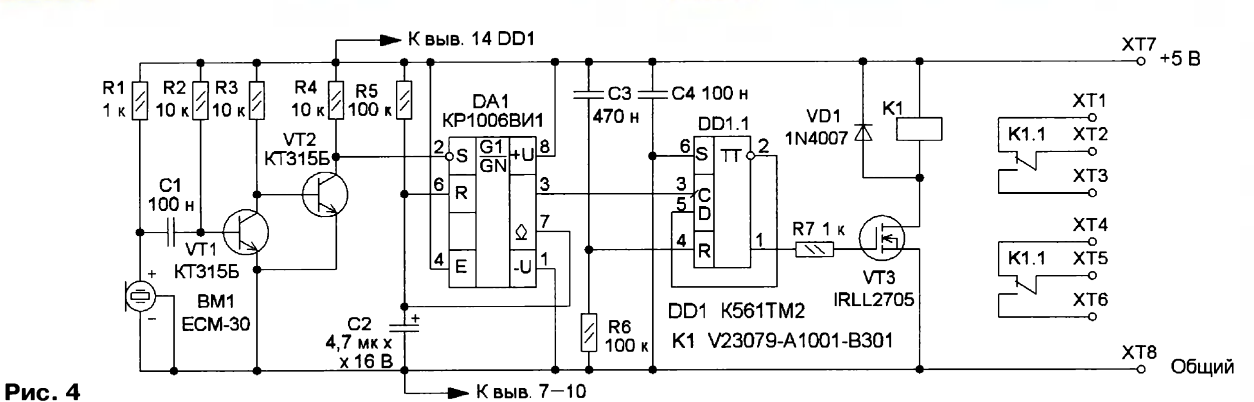


Рис. 4

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

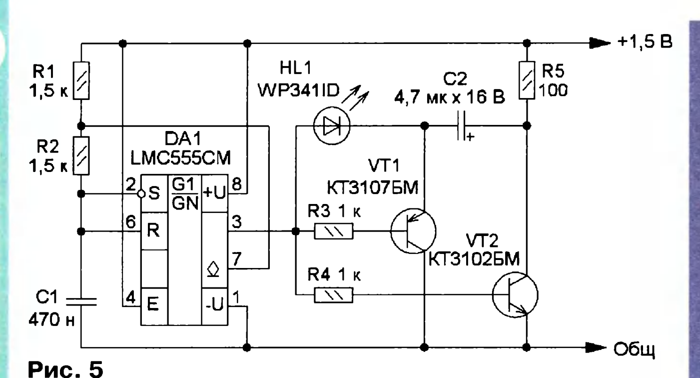


Рис. 5

репаду на тактовом входе C, высокий уровень напряжения на прямом выходе триггера открывает транзистор VT3, и реле своими контактами включает питание нагрузки. Последующий звуковой сигнал возвращает устройство в исходное состояние. Применение КМОП-таймера LMC555 уменьшает ток потребления в ждущем режиме. Если это не критично, возможно применение интегрального таймера КР1006ВИ1 или NE555 без изменения схемы акустического выключателя.

Схема "удвоителя" напряжения, приведённая на **рис. 5**, реализуется на интегральном таймере серии LMC555 [2] с минимальным напряжением питания 1,5 В. Удвоитель обеспечивает питание светодиода красного свечения импульсным током. Минимальное напряжение питания устройства — 1,2 В, ток, потребляемый от "свежего" элемента типоразмера АА или ААА, — 10 мА. Основа устройства — генератор импульсов на таймере DA1. Ключ на транзисторе VT1 открывается при напряжении низкого уровня на выходе генератора, и происходит зарядка конденсатора C2. При высоком уровне напряжения на выходе генератора открывается ключ на транзисторе VT2, и происходит разрядка конденсатора C2 через светодиод HL1, на светодиод поступит напряжение питания плюс напряжение на заряженном конденсаторе C2. Светодиод при этом станет светить. Затем эти процессы повторяются. Осциллограмма напряжения на светодиоде HL1 показана на **рис. 6**.

Рис. 6

Немного о деталях для рассмотренных устройств. Резисторы — С1-4 для навесного монтажа или аналогичные импортные, оксидные конденсаторы — К50-35, К53-1, неполярные конденсаторы К73-17, микрофон — электретный.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Зельдин Е.** Применение интегрального таймера КР1006ВИ1. — Радио, 1986, № 9, с. 36, 37.

2. LMC555 CMOS Timer. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/665/DOC012665-689.pdf** (26.03.22).

Антенные ДМВ-усилители

В. КОНКИН, с. Горлово Рязанской обл.

С развитием цифрового телевидения в обиход вошли ресиверы стандарта DVB-T2, как правило, имеющие функцию питания активной антенны (с антенным усилителем) напряжением +5 В. В этом случае активные антенны с усилителями, рассчитанными на питание напряжением 12 В, при питании напряжением 5 В могут не обеспечить заложенных в них параметров и качество приёма телепрограмм ухудшится. Поэтому было решено сделать антенный усилитель с питанием от напряжения 5 В. За основу была взята схема антенного усилителя SWA-15 [1] с каскодным включением транзисторов. Схема получившего усилителя показана на **рис. 1**. В нём использован дополнительный каскад на транзисторе VT1 (BFT93). На входе установлен трансформатор T1, который преобразует несимметричный вход усилителя в симметричный, а также ФВЧ C1L1C2, подавляющий сигналы с частотами менее диапазона ДМВ. Трансформатор T1 обеспечивает гальваническую развязку с элементами антенны и защищает входной каскад усилителя от статического электричества. Резистором R3 можно регулировать усиление. Подборкой резистора R2 устанавливают постоянное напряжение 3 В на коллекторе VT2.

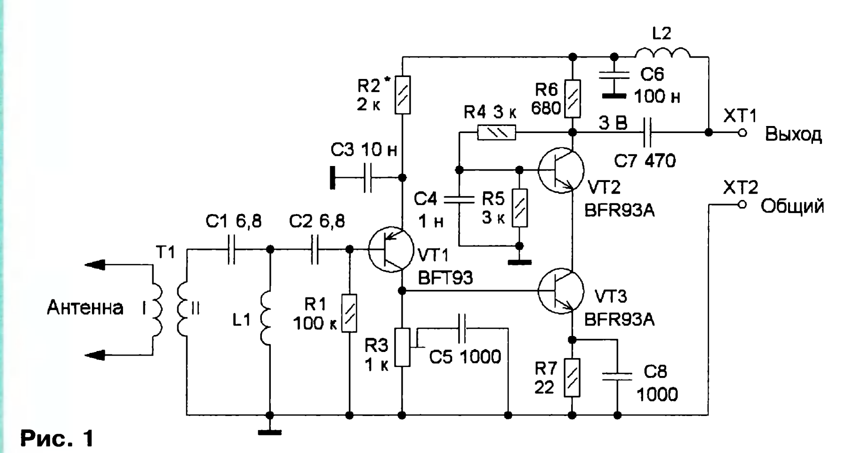


Рис. 1

Все элементы усилителя смонтированы на двухсторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм, эскиз которой показан на **рис. 2**,а. Вторая сторона платы оставлена металлизированной и через отверстия с помощью отрезков лужёного провода соединена с металлизированными площадками первой стороны. Расположение элементов на плате показано на рис. 2,б. Применены постоянные резисторы и конденсаторы для поверхностного монтажа типоразмера 0805, подстроечный резистор — PVZ3A. Все намоточные детали — бескаркасные и без магнитопровода. Трансформатор T1 (три витка) намотан вдвое сложенным проводом ПЭВ-2 0,25 на оправке диаметром 5 мм, выводы

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

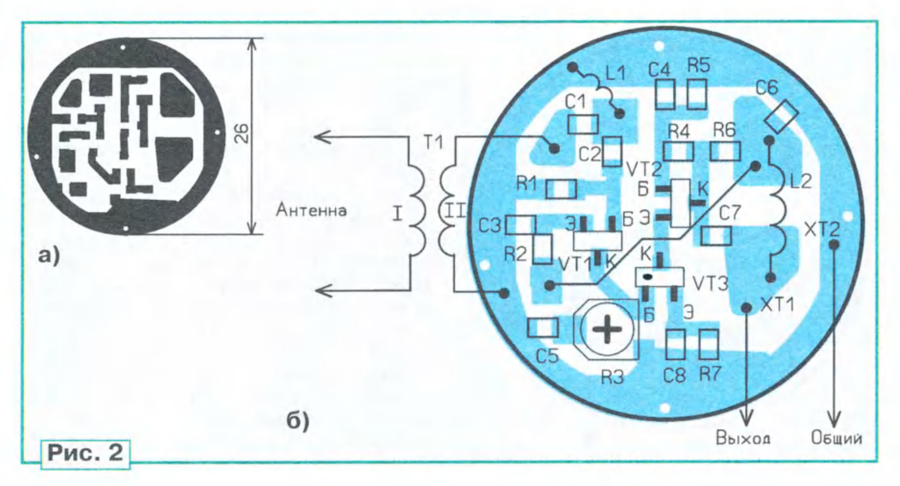


Рис. 2

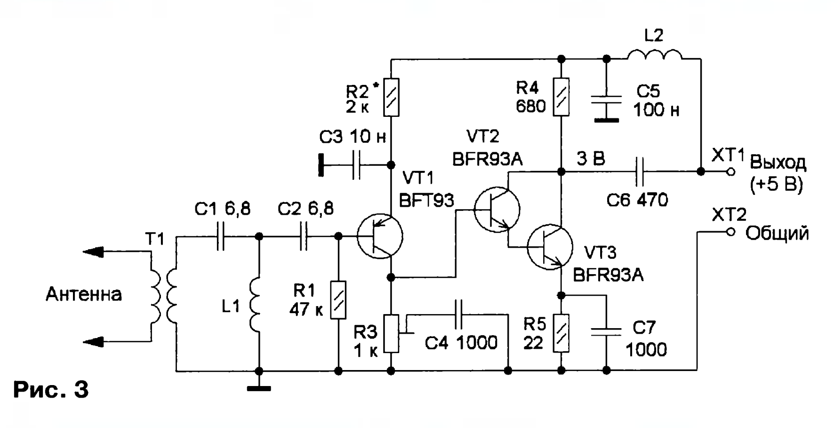


Рис. 3

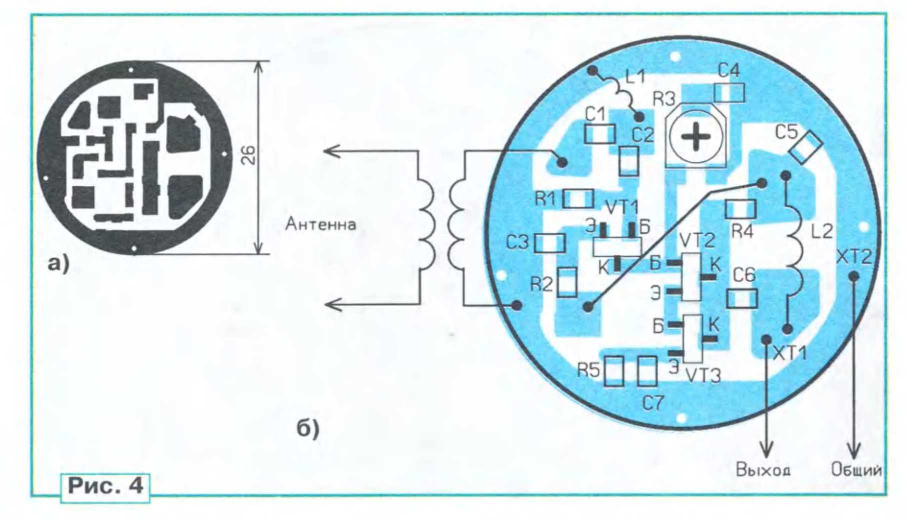


Рис. 4

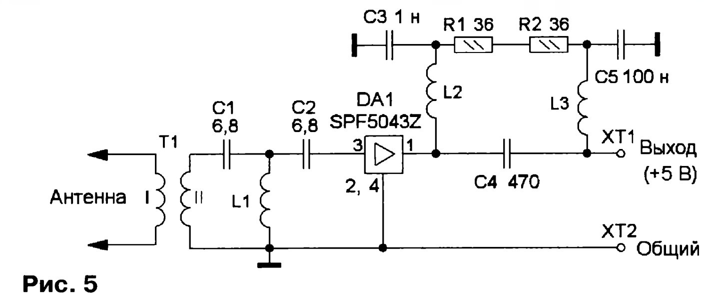


Рис. 5

обмоток выведены на противоположные стороны. Катушка L1 намотана проводом ПЭВ-2 0,5 на оправке диаметром 4 мм и содержит 2,5 витка. Катушка L2 намотана проводом ПЭВ-2 0,18 на оправке диаметром 2 мм и содержит 25 витков. Витки обмоток трансформатора и катушки скреплены клеем "Момент".

Всего было собрано восемь таких усилителей, которые были смонтированы в селе у соседей. Все они обеспечивают качественный приём цифрового телевидения (два пакета) на расстоянии немногим более 10 км от передатчика. Работают они больше года и не вышли из строя во время гроз прошлым летом.

Второй усилитель был собран по схеме, показанной на **рис. 3**. Он отличается построением выходного каскада и имеет немного меньшее усиление. Регулировка усиления производится подстроечным резистором R3. Подборкой резистора R2 устанавливают постоянное напряжение 3 В на коллекторе VT2. Элементы этого усилителя смонтированы на аналогичной печатной плате, эскиз которой показан на **рис. 4**,а, расположение элементов — на рис. 4,б. Применены такие же элементы.

Ещё один усилитель был собран на микросхеме SPF-5043Z [2], с усилением около 20 дБ, его схема показана на **рис. 5**. Чертёж платы этого усилителя показан на **рис. 6**,а, а расположение элементов — на рис. 6,б. Катушка L1 намотана проводом ПЭВ-2 0,5 на оправке диаметром 4 мм и содержит 2,5 витка. Катушки L2 и L3 намотаны проводом ПЭВ-2 0,18 на оправке диаметром 2 мм и содержат 9 и 25 витков соответственно.

При использовании более габаритных элементов и питании усилителей напряжением 12 В можно использовать стабилизатор напряжения на микросхеме DA1, который устанавливают в разрыв цепи питания, и увеличить размеры печатной платы. Схема такого усилителя показана на **рис. 7**. Чертёж печатной платы показан на **рис. 8**,а, размещение на ней элементов — на рис. 8,б. Здесь можно применить подстроечный резистор СП3-38б, СП3-38д, СП3-19. Макетные экземпляры усилителей показаны на **рис. 9**.

Совместно с этими усилителями была применена антенна в виде восьмёрки (антенна Харченко [3]). Размеры одной рамки (прямоугольной) оптимизированы для приёма первого цифрового пакета (538 МГц в нашей местности), а второй, также прямоугольной, — для приёма второго цифрового пакета (490 МГц в нашей местности).

Моя антенна была составлена из двух рамок. Сторона первой рамки — 145 мм, сторона второй — 159 мм. Размеры рамок можно рассчитать, используя информацию в [3]. Для приёма телевизионных программ на большем расстоянии можно применить такую антенну с рефлектором.

Для изготовления антенны лучше использовать медный провод диаметром 3 мм и сделать все соединения пайкой. Но для изготовления нескольких антенн была использована алюми-

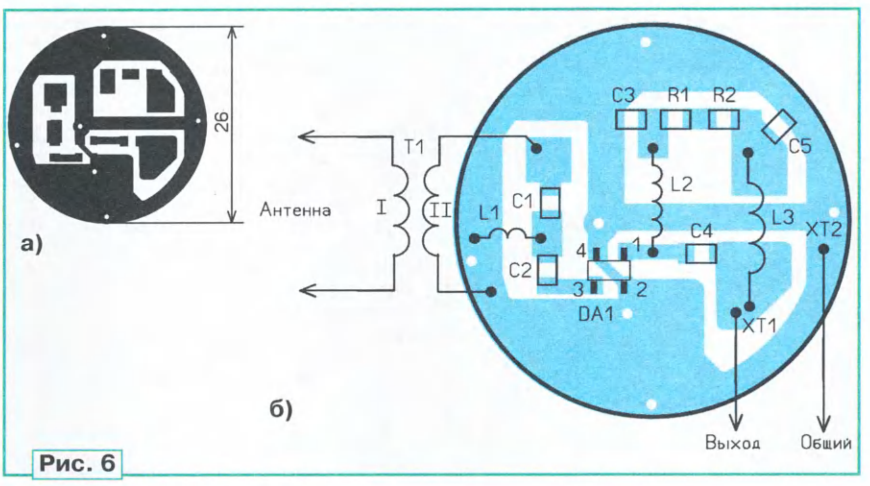


Рис. 6

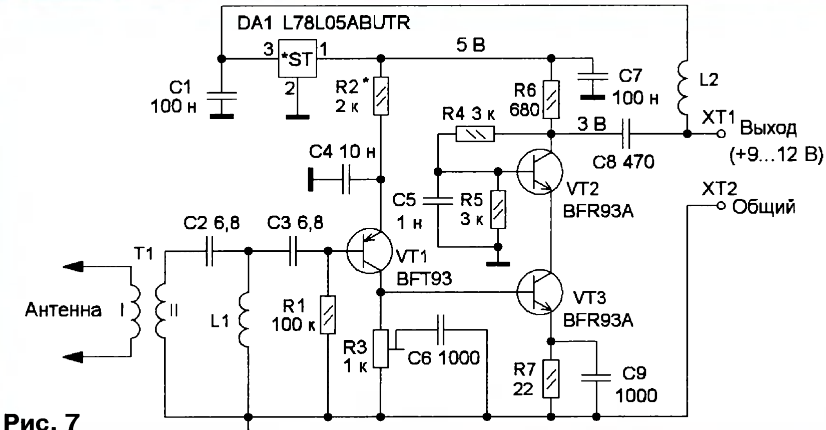


Рис. 7

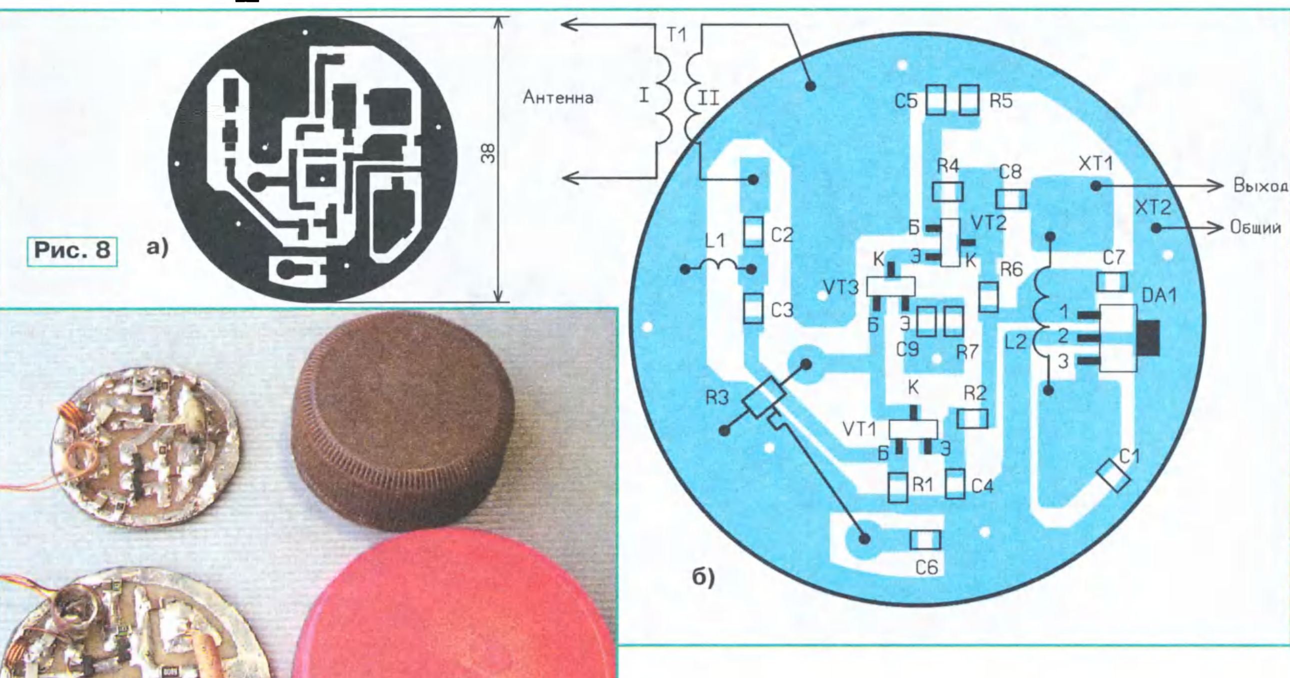


Рис. 8

Рис. 9

ниевая проволока диаметром 2,9 мм. На концах каждой рамки из проволоки сделаны кольца диаметром 4 мм. С помощью этих колец и винтов с гайками рамки соединены между собой и входами усилителя. Для лучшего контакта эти кольца следует сточить напильником до толщины 2 мм.

Усилители располагают непосредственно в месте соединения рамок. К выходу усилителя припаивают коаксиальный кабель длиной около 400 мм, который прокладывают вдоль сторон одной из рамок и фиксируют отрезками проволоки. На конце кабеля установлен ВЧ-разъём, к которому подключают кабель снижения. Платы усилителей закрывают крышками от ПЭТ-бутылок. Внутренний диаметр крышек — 27 мм первых трёх вариантов усилителей, 39 мм — для четвёртого варианта. Для защиты от окружающей среды места всех соединений и сам усилитель заливают высокотемпературным водостойким герметиком.

Для телевизоров и тюнеров, не имеющих опции питания антенного усилителя, но есть USB-разъём, для питания антенного усилителя можно использовать его напряжение +5 В.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технические характеристики усилителей SWA. — URL: **https://satopttorg.ru/blog/kharakteristiki-usiliteley-swa/** (28.03.22).

2. SPF-5043Z. 50 MHz to 4000 MHz, GaAs pHEMT LOW NOISE MMIC AMPLIFIER. — URL: **https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/264804/RFMD/SPF-5043Z.html** (28.03.22).

3. Калькулятор расчёта цифровой антенны. — URL: **http://radiodx.ru/text-012** (28.03.22).

***От редакции**. Чертежи печатных плат находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/05/dmv_usil.zip** на нашем FTP-сервере.*

Ремонт намоточного устройства

И. АНДРИАНОВ, г. Измаил Одесской обл., Украина

В конце теперь уже далёкого 1988 г. мною было приобретено устройство намоточное с ручным приводом для радиолюбителей — УНРП-1, которое выпускалось Пензенским производственным объединением "Электромеханика" (заводом "Счётмаш") и стоило семь советских рублей!. Довольно интенсивно использовал его с конца 1980-х до начала 2000-х годов — мотал и перематывал различные многовитковые катушки, а в основном — трансформаторы. Потом надобность в работе с такими деталями отпала, я сложил устройство в его картонную упаковочную коробку и хранил в домашнем шкафу.

Но вот недавно понадобилось изготовить электромагнит (6000 витков провода ПЭТЛ 0,13 мм), и я вспомнил о своём УНРП-1, достал его и ... обнаружил, что ручка привода пришла в негодность. Она была отлита из какого-то сплава, который просто от времени развалился, что хорошо видно на **рис. 1**.

Что делать? Для меня, старого радиолюбителя, сделать новую ручку — не проблема. Понятно, что копировать литое изделие смысла не было. Решил сделать ручку сборной. Набросал эскиз (**рис. 2**) и стал подбирать компоненты. Нашёл в своём хозяйстве обрезки стального листа толщиной 3 мм и круглый стальной стержень диаметром 16 мм, два винта (один — М3 с потайной головкой и второй — М2,5). Сделал основание ручки из отрезка круглого стержня длиной 17 мм, а из стального листа длиной 57 мм и шириной 16 мм — её рычаг. В основании просверлил по центру сквозное отверстие диаметром 2,5 мм и на глубину 9 мм рассверлил его до диаметра 9 мм. В части, имеющей диаметр 2,5 мм, нарезал резьбу М3. На расстоянии 5 мм от этого отверстия просверлил отверстие диаметром 2 мм на глубину 6...8 мм, нарезал в нём резьбу М2,5. На боковой поверхности основания ручки в 5...7 мм от его нижнего края просверлил отверстие диаметром 2,5 мм и нарезал в нём резьбу М3 для крепёжного винта ручки. Соединил основание и рычаг ручки винтами М3 и М2,5.

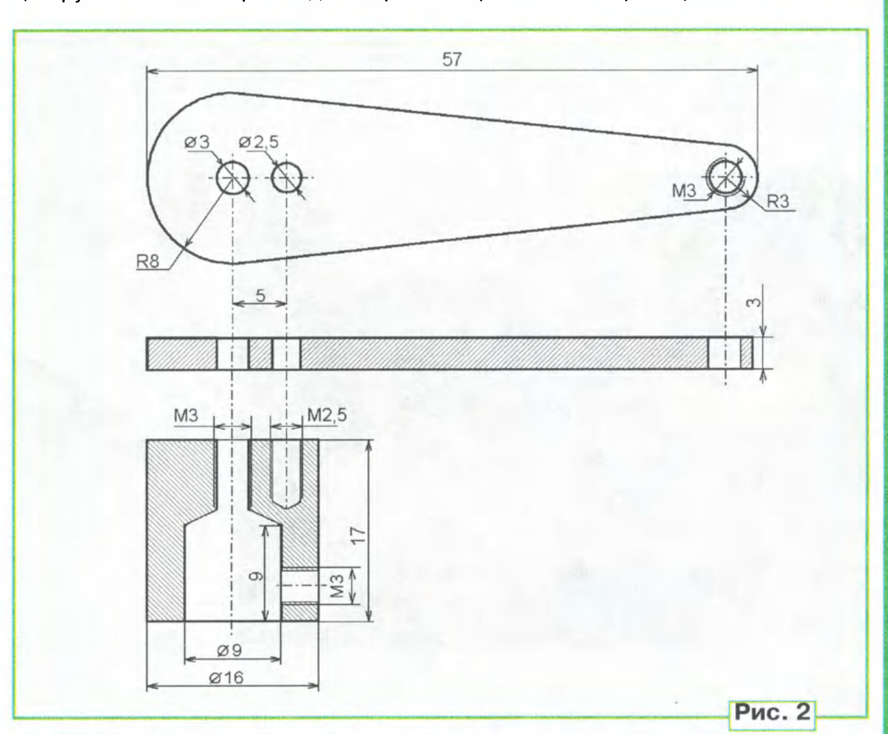
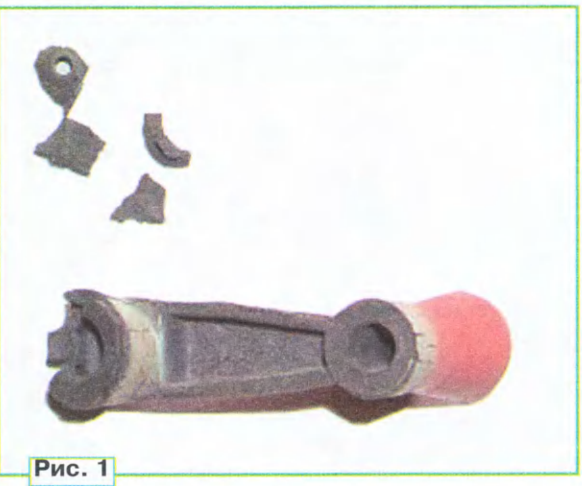
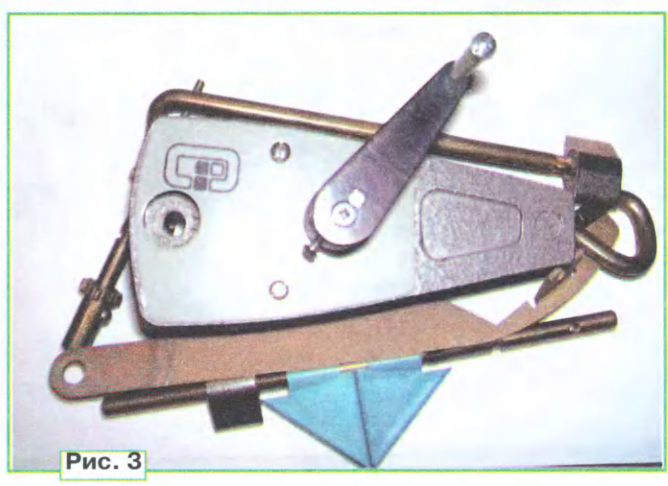


Рис. 2


Рис. 1


Рис. 3

Думал использовать "родную" розовую пластмассовую оболочку рукоятки. Но она, увы, тоже треснула. Сделал новую оболочку из отрезка подходящего по диаметру корпуса шариковой ручки, которая насажена на длинный винт М3, хорошо видимый на фото отремонтированного устройства (**рис. 3**). Основные детали новой ручки предварительно подверг термообработке (фактически — термической окраске) в пламени конфорки кухонной газовой плиты и остудил в банке с машинным маслом.

Вот такой ремонт получился. Электромагнит намотал с опозданием на два дня, в течение которых делал новую ручку.

Установка для проверки свечей зажигания под давлением

Н. ОСИПОВ, г. Курск

Существуют приборы промышленного изготовления для проверки автомобильных свечей зажигания, однако, на первый взгляд, они имеют недостатки. Во-первых, создавать в таких приборах давление, близкое к максимальному, ручным насосом очень тяжело. Во-вторых, наличие искры в них определяется визуально, но при высокой частоте искрообразования можно не заметить отсутствие нескольких искр.

Поэтому мной предпринята попытка устранить эти недостатки. Первый недостаток устраняется довольно легко — покупкой электронасоса для накачивания шин с максимальным давлением 14 атм, необходимо только организовать относительно мощное его питание.

Со вторым недостатком пришлось изрядно повозиться, поскольку при завинчивании свечи неизвестно, как она установится. Может так случиться, что боковой электрод загородит искру, и её не будет видно. Для исключения этого явления было принято решение использовать шесть датчиков (фототранзисторов), равномерно распределённых по окружности и подключённых параллельно. Датчики расположены так, чтобы можно было проверять свечи с короткой резьбовой частью. Для проверки свечей с длинной резьбовой частью используется переходник-проставка.

Можно повозиться и изготовить самостоятельный прибор, используя задающий генератор, настроенный на частоту 200...220 Гц, узел реверса и счётчик сбоев, опубликованный в моей статье "Установка "Искра-2" для проверки приборов системы зажигания ВАЗ" ("Радио", 2018, № 11, с. 43—46).

Но я посчитал, что у меня уже есть базовый блок (который описан в вышеуказанной статье), и поэтому предлагаемый прибор используется как приставка к базовому блоку. Частоту искрообразования в базовом блоке устанавливают в пределах 200...220 Гц.

Основа прибора — стальной цилиндр, в котором по оси просверлено глухое отверстие, которое имитирует камеру сгорания двигателя автомобиля (**рис. 1**). В начале этого отверстия на длину ввинчиваемой части свечи нарезана резьба. По окружности на уровне электродов свечи просверлены шесть отверстий для датчиков. В эти отверстия клеем, для приклеивания автомобильных лобовых стёкол, вклеены стёкла толщиной более десяти миллиметров и прижаты болтами. В болтах просверлены отверстия для установки датчиков.

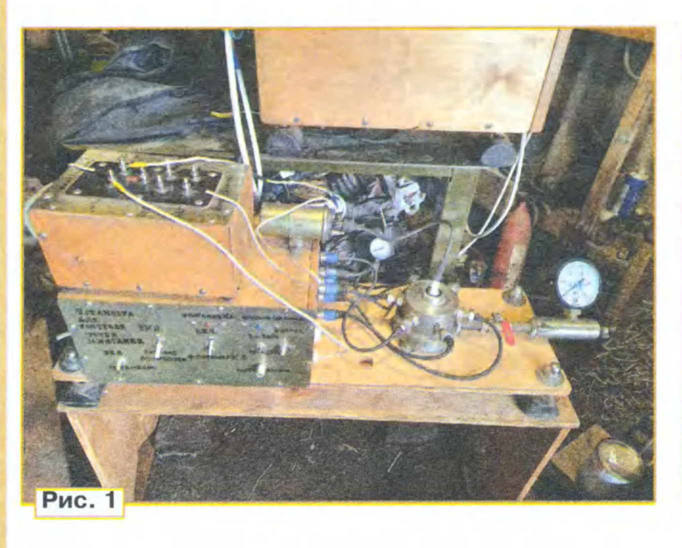


Рис. 1

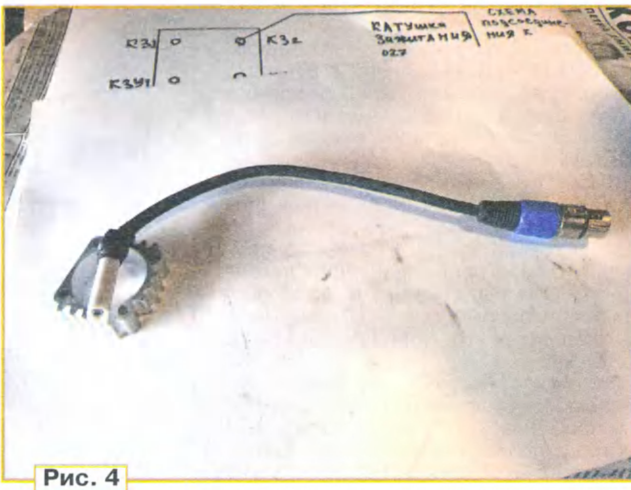


Рис. 4

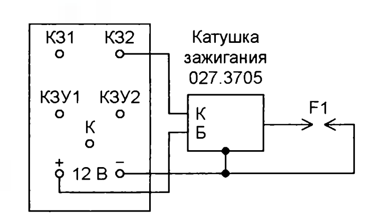


Рис. 2

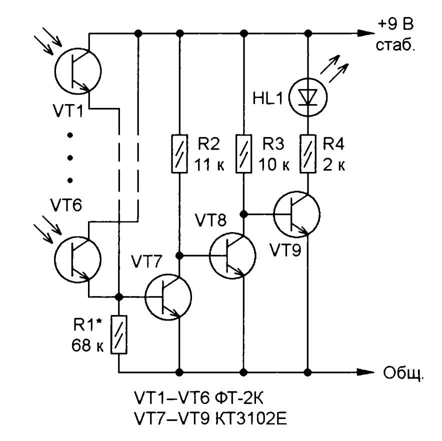


Рис. 3

Схема подключения свечи к базовому блоку показана на **рис. 2**, на которой F1 — испытуемая свеча. Схема приставки представлена на **рис. 3**. Приставка особенностей не имеет. Её питают от стабилизированного источника напряжением 9 В. Резистором R1 регулируют чувствительность устройства. В базовом блоке активируют один из четырёх каналов, в отверстие фотоприёмника вставляют светодиод HL1 приставки.

Учитывая, что вход узла датчиков высокоомный, близко к прибору расположены катушка зажигания и высоковольтный провод, идущий к свече зажигания, могут наводиться мощные помехи. Поэтому провода, идущие от фотодатчиков (**рис. 4**), и само устройство экранированы. Провод питания –9 В ("Общ.") приставки соединяют с клеммником –12 В базового блока.

Надо отметить, что со свечами, прошедшими отбор на установке, двигатели работают исключительно хорошо.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО
E-mail: mail@radio.ru
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ
о связи

Из истории военных радиостанций

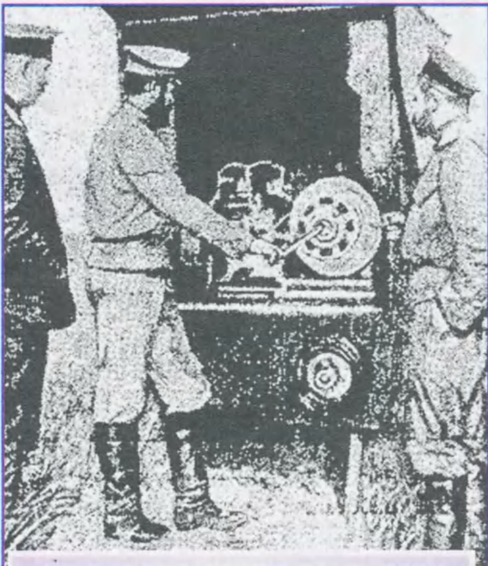
Георгий ЧЛИЯНЦ (UY5XE), г. Львов, Украина

Первые радиостанции военного назначения в Российской империи были разработаны А. С. Поповым и его помощником П. Н. Рыбкиным (при участии начальника Кронштадского крепостного телеграфа капитана Д. С. Троицкого). Например, в августе—сентябре 1899 г. на кораблях Черноморской эскадры проводились испытания радиостанций, которые были изготовлены по схемам А. С. Попова французской фирмой "E. DUCRETE A PARIS" [1, с. 227].

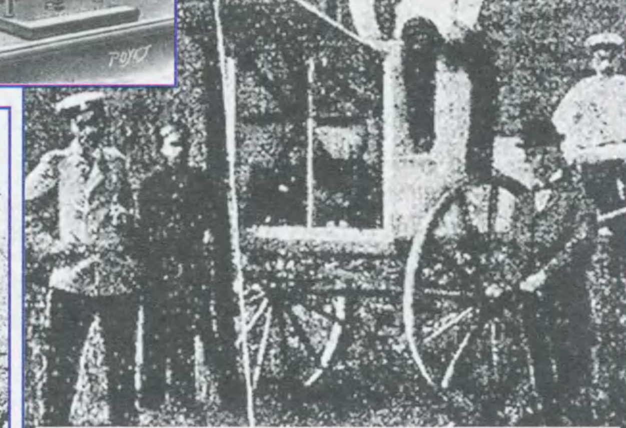


Слева — приёмник, справа — передатчик.

Летом 1900 г. капитанами 148-го гвардейского Каспийского пехотного полка Леоновым, Пржевальским, Юхницким и П. Н. Рыбкиным проводились испытания разработанных под руководством А. С. Попова первых двух экземпляров армейских походных радиостанций на маневрах Петербургского и Финляндского военных округов [2, с. 5]. Эти же офицеры, особенно Юхницкий, стали авторами пособий и руководств по радиоделу.



Полевая радиостанция образца 1905 г.



П. Н. Рыбкин (сидит) у походной радиостанции на манёврах Каспийского полка, 1901 г.

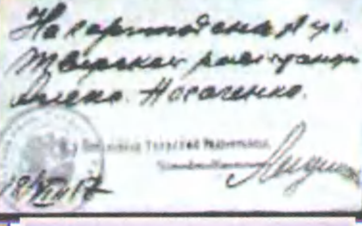
В июне 1904 г., решением Военного совета, группа офицеров Военно-электротехнической школы (во главе с капитаном Леонтьевым и штабс-капитаном



Личный состав радиорот.



Портативная искровая радиостанция, 1914 г.



Обратная сторона служебного удостоверения Александра Васильевича Носаченко.



Александр Васильевич Носаченко.



Команда радиостанции. В первом ряду сидят начальник радиостанции штабс-капитан В. М. Лещинский (слева) и его помощник — поручик М. А. Бонч-Бруевич (справа), 1914 г.

Сокольцевым) модернизирует вышеназванные импортные радиостанции для их эксплуатации в полевых условиях — на Петербургском вагоноремонтном заводе строится специальный тип обоза. И уже в октябре для этих целей принимается решение о создании двух радиотелеграфных рот, которые получили название Восточно-Сибирских отдельных телеграфных рот [3, с. 6].

В 1910—1913 гг. радиотелеграфным депо Российского морского ведомства (Кронштадт) были изготовлены серийные радиостанции с мощностью искровых передатчиков до 2000 Вт. В качестве приёмных устройств использовались детекторные приёмники.

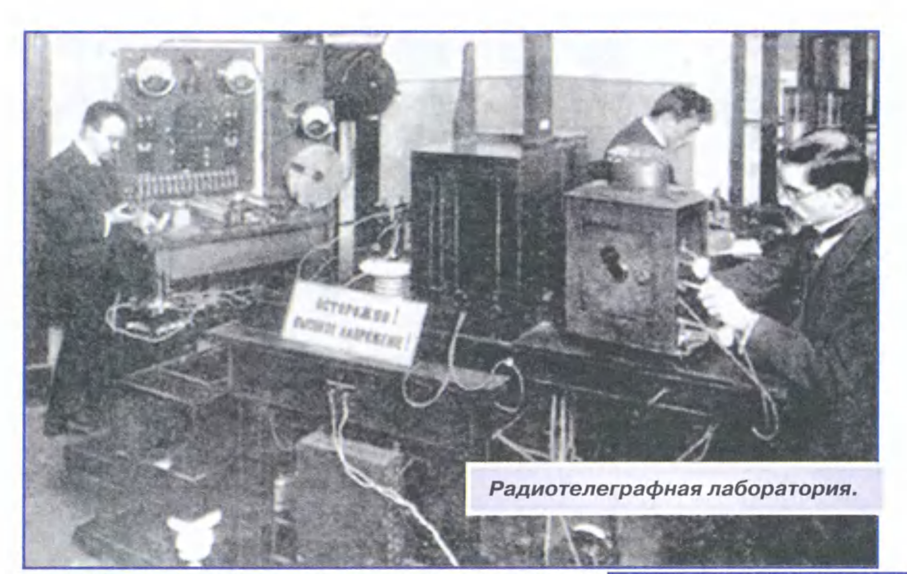
В 1914 г. Русское общество беспроволочных телеграфов и телефонов (РОБТиТ), которое было расположено в Кронштадте, начало выпуск портативных искровых радиостанций.

В 1914 г. для связи с армиями в Москве (Ходынка) и около Петрограда (Царское село) были построены два мощных передатчика.

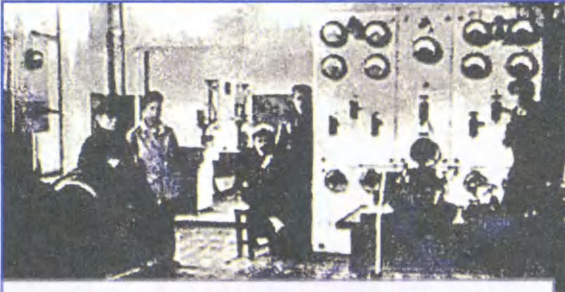
А в Твери, по заказу Главного военно-технического управления русской армии, — радиостанция. Интересен факт, что на ней проходил службу поручик Михаил Александрович Бонч-Бруевич (1888—1940) — будущий известный радиотехник [4].

На этой же радиостанции радистом был Александр Васильевич Носаченко.

Примечание. История получения редакцией журнала "Радио" этих фотографий весьма интересна и полна случайностей. Осенью 2008 г. в Черкассах проходила Вторая конференция коллекционеров старой радиоаппаратуры. После доклада автора статьи в перерыве ко мне подошёл научный сотрудник музея Николай Селиверстов и пригласил в свой кабинет, в котором показал



Радиотелеграфная лаборатория.



Аппаратный зал радиостанции "Новая Голландия", 1915 г.

Радиостанция кавалерийского образца на Кавказском фронте, май 1916 г.

мне около десятка фотографий периода 1914—1917 гг. Увидев на двух из них М. А. Бонч-Бруевича, я попросил все фотографии записать для меня на компакт-диск. По приезду домой я сообщил об этом Борису Степанову (RU3AX), а будучи в Москве, привёз этот компакт-диск в редакцию. В результате в журнале появилась статья RU3AX [5]. Позже Борис Степанов посетил г. Тверь и этот компакт-диск подарил музею связи при Тверском филиале ОАО "Центр Телеком".

По информации доктора технических наук, профессора СПбГУСЭ Виктора Пестрикова, вся приёмопередающая техника проходила предварительные испытания в радиотелеграфной лаборатории Морского ведомства [6].

25 ноября 1915 г. Главное управление кораблестроения заключило с РОБТиТ (в лице С. М. Айзенштейна) контракт на постройку 25-киловаттной радиостанции Морского штаба в Петрограде, которая получила название "Новая Голландия".

Примечание.

— К началу Первой мировой войны (28 июля 1914 г.—11 ноября 1918 г.) в действующей армии находились 1353 телеграфных аппарата, на складах — ещё 495. К январю 1916 г. уже имелось 240 станций искрового телеграфа — фактически по одной на дивизию.

— За 1916 г. в армию поступили 3000 телеграфных аппаратов и 802 радиостанции.

— В июле 1916 г.—июле 1917 г. были заказаны 230 полевых, 181 лёгкая, одна автомобильная, 690 авиационных, 17 наблюдательных (12 конных и пять автомобильных) радиостанций.

— В конце войны в составе армии присутствовали армейские и корпусные радиотелеграфные отделения, радиотелеграфные дивизионы, конно-искровые и радиотелеграфные станции кавалерийских дивизий.

По вполне естественным причинам изложенный материал не может претендовать на право абсолютной исторической истины, но автор обработал доступные ему материалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Золотинкина Д., Партала М., Урвалов В.** (под ред. академика РАН Ю. В. Гуляева). Летопись жизни и деятельности Александра Степановича Попова. — С.-Пб.: Изд. СПбГЭТУ ЛЭТИ им. В. И. Ульянова, 2008, 558 с.

2. **Щукин А. Н.** А. С. Попов и современная радиотехника. — Радио, 1949, № 5, с. 3—6.

3. **Дубнов А.** Пионеры радиосвязи в русской армии. — Радио, 1951, № 2, с. 5, 6.

4. **Члиянц Г.** Радиотехник М. А. Бонч-Бруевич. — Радио, 2018, № 12, с. 47, 48.

5. **Степанов Б.** История отечественной радиосвязи. Радиотелеграфная специального назначения. — Радио, 2010, № 2, с. 55, 56, 2-я с. обл.

6. **Пестриков В.** Искровые радиостанции Российской Империи. — IT-News, 2007, № 15, с. 24, 25; № 17, с. 26.

Георгий Александрович Тилло — радиолюбитель-конструктор довоенного времени

Михаил КАВЕРИН (RW3FS), г. Реутов Московской обл.

Одним из активных и ярких радиолюбителей-конструкторов довоенного Ленинграда был Георгий Александрович Тилло. Он родился в 1909 г. Свой первый позывной EU7RW он получил в середине 1928 г. Далее были EU3BK, EU2CX, URS-1111. Г. А. Тилло был активен в эфире. Именно он, первым, в сентябре 1930 г. установил связь с В. В. Ходовым — радистом экспедиции на Северной Земле. Но всё же главным увлечением Георгия Александровича было конструирование. Он был энтузиастом развития низовой КВ-связи и внедрения её в отрасли народного хозяйства СССР.

Весной 1929 г. Г. А. Тилло был откомандирован ЦСКВ (Центральная секция коротких волн) в экспедицию Наркомзема с целью организации радиосвязи между партиями лесозаготовителей, разбросанными по бассейнам рек северного Урала. Для этой экспедиции Георгий Александрович разработал свою первую КВ-радиопередвижку. Описание работы в этой экспедиции приведено в статье "Короткие волны на лесосплаве" [1]. Вторая экспедиция Г. А. Тилло по линии Наркомзема проходила с февраля по октябрь 1930 г. в Костромских леспромхозах. Для этой экспедиции была разработана радиостанция, подробно описанная в журнале "Радиофронт" [2].



Георгий Александрович Тилло с передвижкой.



Георгий Александрович Тилло за работой на передатчике для низовой радиосвязи.

И снова — описание экспедиции в статье "Эксплоатация коротких волн на сплаве" [3]. По заказу Союзлеспрома в мае 1931 г. было изготовлено 150 передатчиков по схеме и конструкции этой передвижки. Полное описание этого передатчика приведено в статье "Стандартный передатчик" [4].

В 1934 г. Георгий Александрович переходит на работу в Союзтранс и проводит работы по радиофикации трассы Сочи—Сухуми. Для связи использовалось промышленное оборудование — передатчики КЭН-0,05 Александровского завода Наркомата связи и приёмники КУБ-4. Опыт работы на этом оборудовании способствовал тому, что в 1935 г. Георгий Александрович разработал "Передатчик для низовой радиосвязи" [5]. В журнале "Радиофронт" дано подробнейшее описание со всей конструкторской документацией и даже сметой расходов на приобретение материалов и деталей. Эта конструкция получила четвёртую премию на Второй заочной выставке радиолюбителей-конструкторов СССР. Сравнение этого передатчика с промышленным КЭН-0,05 оказалось не в пользу Александровского завода. Их передатчик был в четыре раза дороже и более громоздок. А главное — требовал более серьёзной и разносторонней подготовки радистов.

В том же 1935 г. Тилло занимается разработкой передвижки на УКВ. "Дуплексный радиотелефон на УКВ" — так называется статья в журнале "Радиофронт" [6]. Рабочий диапазон — 40...50 МГц. Этот радиотелефон обеспечивал связь до 1,5 км в городской застройке и до 8 км на открытой местности. Проводились его испытания и по связи моторного катера с берегом. На Третьей заочной радиовыставке эта конструкция была заявлена как "УКВ-радиостанция для рыболовных судов" и заслужила третью премию.

А между тем, у автора всех этих конструкций не было специального радиотехнического образования. Так же, как и Н. Н. Стромилов, Г. А. Тилло был лишён права на получение высшего образования, как выходец из дворянской семьи. Его отец Александр Александрович Тилло был полковником лейб-гвардии, службу оставил в 1918 г. и в белом движении участия не принимал, до ареста в октябре 1937 г. он работал инструктором в ОСОАВИАХИМе.

С начала войны Г. А. Тилло служил офицером связи в штабе ПВО г. Ленинграда. Погиб 20 октября 1941 г. от взрыва фугасной авиабомбы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Тилло Г. А.** Короткие волны на лесосплаве. — Радиофронт, 1930, № 19-20, с. 109, 110.
2. **Тилло Ю.** Универсальная передвижка EU2CX (ЗВК). — Радиофронт, 1931, № 1, с. 70—75.
3. **Тилло Г.** Эксплоатация коротких волн на сплаве. — CQ SKW USSR, 1930, № 16, с. 50, 51 (приложение к журналу "Радиофронт", 1930, № 23-24).
4. **Тилло Ю**. Стандартный передатчик. — Радиофронт, 1931, № 19-20, с. 1208— 1211.
5. **Тилло Г.** Передатчик для низовой радиосвязи. — Радиофронт, 1936, № 8, с. 40—44.
6. **Тилло Г. А.** Дуплексный радиотелефон на УКВ. — Радиофронт, 1935, № 16, с. 22—26.

Автор и редакция благодарят Наталью Александровну Тоотс (Григорьеву) за предоставленную из личного архива фотографию.



НОВОСТИ СРР

Новая редакция Правил вида спорта "радиоспорт"

Приказом № 230 от 28 марта 2022 г. Минспорт России утвердил новую редакцию Правил вида спорта "радиоспорт".

Впервые за всю историю радиоспорта в Правилах дано официальное определение радиоспорта: "Радиоспорт — вид спорта, в котором при выполнении соревновательного упражнения используется приёмо-передающая радиоаппаратура".

Вторая жизнь радиотелефонов стандарта DECT—2

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

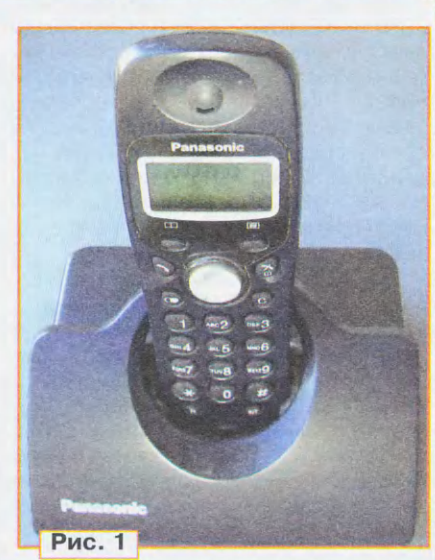
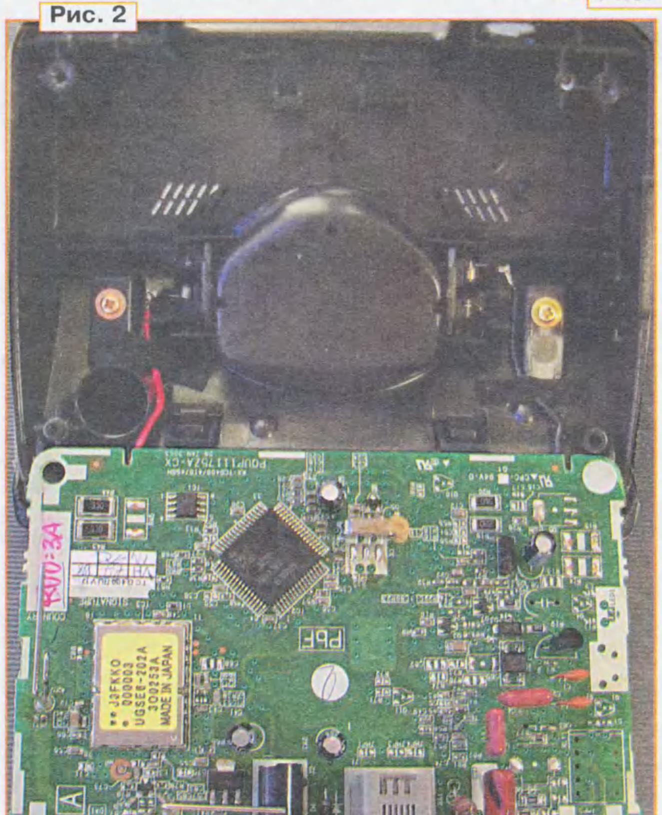


Рис. 1

В этой статье рассматривается ещё один вариант автономного использования радиотелефонов стандарта DECT (**Digital Enhanced Cordless Telecommunication** — технология беспроводной связи на частотах 1880—1900 МГц). Ранее об одном из вариантов такого использования было рассказано в [1]. Второй вариант, описание которого приводится далее, — это несложная доработка базы, которая превратит её в стационарный телефонный аппарат. Доработки трубки при этом не требуется.

В наличии был радиотелефон Panasonic RX-TCD400RUC (**рис. 1**), в состав которого входят база и одна трубка Panasonic KX-A140RUC [2]. Такой радиотелефон нетрудно превратить в мини-АТС, если использовать совместно с базой несколько трубок, которые надо на ней зарегистрировать. Это предусмотрено штатными возможностями. Но если в наличии есть только одна база и одна трубка и требуется только один канал связи, можно обойтись этим минимальным набором.

База радиотелефона RX-TCD400RUC работает совместно с двухпроводной телефонной линией. Она принимает сигналы от линии, преобразует и передаёт их на трубку и одновременно принимает сигналы от трубки, преобразует и передаёт их в линию. Внешний вид недоработанной печатной платы базы показан на **рис. 2**. Дело в том, что в базе радиотелефона RX-TCD400RUC отсутствуют микрофон, динамическая головка и какие-либо органы управления. Чтобы сделать доработку базы минимальной, можно применить телефонную трубку (микрофон + динамическая головка) от стационарного телефонного аппарата, например Panasonic KX-T2335 (**рис. 3**), которая была под рукой. Она содержит малогабаритную динамическую головку (телефонный капсюль) сопротивлением около 150 Ом и электретный микрофон. Эта трубка снабжена четырёхконтактным разъёмом для подключения к телефонному аппарату с помощью витого кабеля. Динамическая головка и микрофон снабжены отдельными проводами, что упрощает их раздельное подключение. Схема доработок базы радиотелефона RX-TCD400RUC показана на **рис. 4**. Оригинальные элементы выделены чёрным, а их нумерация соответствует принципиальной схеме этого радиотелефона и обозначениям на печатной плате. Удаляемые элементы зачёркнуты. Вновь вводимые элементы выделены красным

Рис. 2


и их позиционные обозначения начинаются с цифры 1. Все доработки сделаны так, чтобы не вмешиваться в алгоритм работы радиотелефона и его ВЧ-узлы, а просто имитировать сигналы телефонной линии.

Сигнал вызова в телефонной линии — переменное напряжение частотой 25 Гц и амплитудой несколько десятков вольт. В базе этот сигнал поступает через разделительные конденсаторы С3 и С4 и резистивные делители R1R5R6 и R2—R4 на противофазные входы процессора базы. При появлении вызывного сигнала в линии база посылает сигнал вызова на трубку. Для имитации сигнала вызова служит генератор вызывного сигнала 1А1, с выходов которого противофазные сигналы поступают непосредственно на резистивные делители R3R4 и R5R6, минуя резисторы R1 и R2. Вызов осуществляется кратковременным нажатием на кнопку 1SB1.

На акустическом излучателе со встроенным генератором 1НА1, диоде 1VD1 и конденсаторе 1С2 собран сигнализатор вызова. Когда конденсатор 1С2 заряжается, на излучатель поступает питающее напряжение, и он подаёт звуковой сигнал. Когда этот конденсатор не заряжается или разряжается (через диод 1VD1), звукового сигнала нет. Для прослушивания и передачи речевого сигнала используется трубка 1А2.


Рис. 3

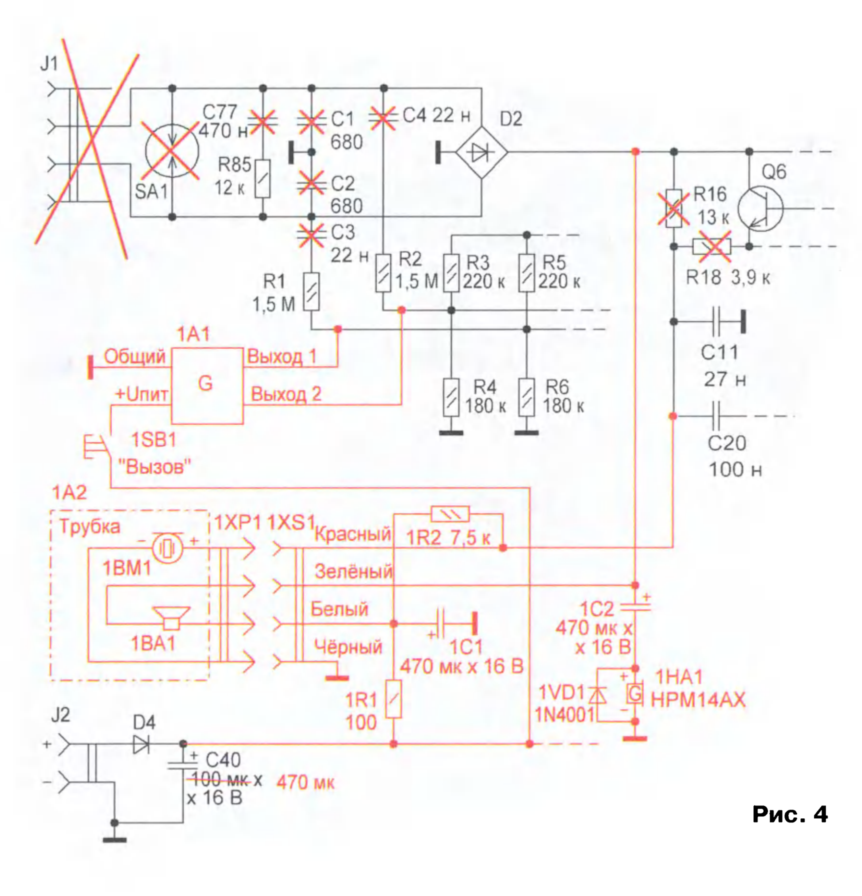


Рис. 4

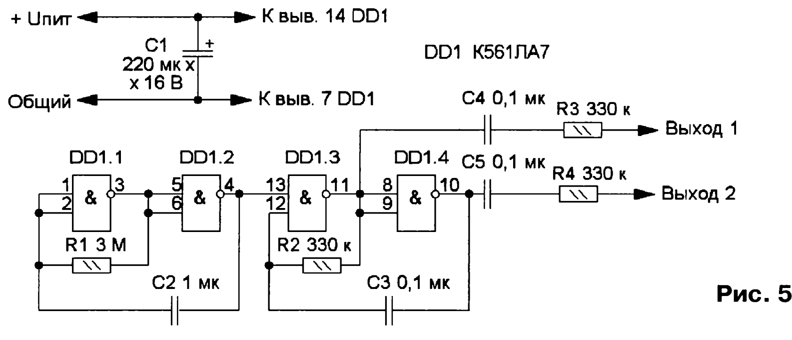


Рис. 5

Но вернёмся к схеме доработки. Её начинают с удаления отмеченных на рис. 4 элементов. При этом на место штатного гнезда J1, предназначенного для подключения телефонной линии, устанавливают четырёхконтактное гнездо 1XS1, предназначенное для подключения трубки линейного телефона. Новое гнездо надо надёжно приклеить к плате эпоксидным клеем. Затем дорабатывают цепи питания. Дело в том, что выходное напряжение штатного блока питания (без нагрузки) базы радиотелефона — 12 В, и его достаточно для нормальной работы всех узлов базы. Конденсатор С40 желательно заменить другим, ёмкостью не менее 470 мкФ. Рядом с ним устанавливают (приклеивают) конденсатор 1С1 и на его выводе устанавливают резистор 1R1. Напряжение питания на транзистор Q6 поступает с конденсатора 1С1 через динамическую головку трубки 1А2. Этот транзистор формирует переменный звуковой сигнал. Электретный микрофон 1ВМ1 запитан от конденсатора 1С1 через резистор 1R2. Сигнал с микрофона через конденсатор С20 поступает на процессор базы, где кодируется и передаётся на трубку.

Устройство работает следующим образом. После подачи питающего напряжения на базу будет звучать звуковой сигнал продолжительностью несколько секунд, поскольку будет заряжаться конденсатор 1С2. Для вызова трубки надо кратковременно нажать на кнопку вызова 1SB1, при этом на трубке будет звучать штатный вызывной звуковой сигнал. После нажатия на кнопку "Трубка" на трубке между ней и базой установится речевая связь и можно проводить переговоры. При этом транзистор Q6 открывается и конденсатор 1С2

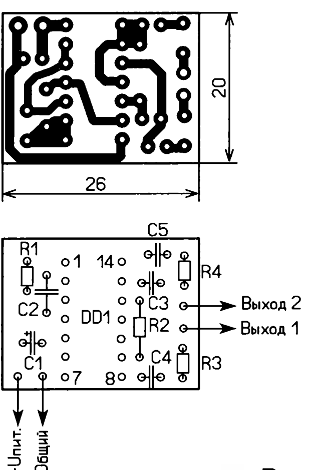


Рис. 6

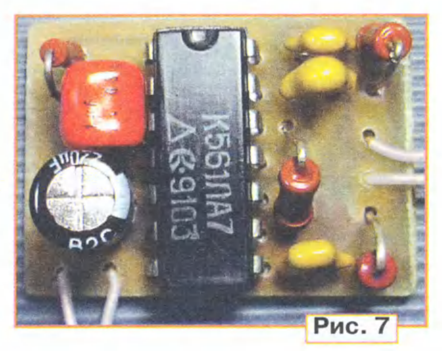


Рис. 7



Рис. 8



Рис. 9

частично разряжается. Этот транзистор усиливает речевой сигнал, поступающий с трубки. Сигнал воспроизводит динамическая головка 1BA1. В это время на ЖКИ трубки начнётся отсчёт времени разговора, что свидетельствует об установлении связи.

По окончании разговора на трубке нажимают на кнопку "Перечёркнутая трубка", при этом счётчик времени разговора отключается, а на базе раздаётся звуковой сигнал продолжительностью несколько секунд ("Отбой"). На базе формирователь сигнала отбоя не предусмотрен, но его нетрудно ввести, установив в цепь питания базы кнопку на размыкание с самовозвратом. После нажатия на эту кнопку на трубке будет сигнал "Занято", и после этого надо нажать на кнопку "Перечёркнутая трубка".

Для установления связи с базой на трубке достаточно кратковременно нажать на кнопку "Трубка", но при этом на базе сигнала вызова не будет, и абонент может к ней не подойти. Поэтому следует на трубке набрать любой номер из нескольких цифр и кратковременно нажать на кнопку "Трубка". При этом в базе транзистор Q6 будет открываться и закрываться, формируя сигналы импульсного набора номера для телефонной сети. Это приведёт к включению и выключению акустического сигнализатора 1HA1, т. е. появлению прерывистого сигнала вызова, который прекратится после окончания набора номера. После этого можно проводить переговоры.

Кроме трубки от линейного телефона, потребуется изготовить генератор вызывного сигнала. Его схема показана на **рис. 5**. Он собран на одной логической микросхеме DD1. На элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор с частотой следования импульсов 0,3...0,4 Гц. Этот генератор управляет вторым генератором на элементах DD1.3 и DD1.4, который формирует импульсы с частотой около 25 Гц. В результате на выходах генератора вызывного сигнала формируются противофазные пачки импульсов с частотой около 25 Гц. Период следования пачек — около 3 с. Кратковременное нажатие на кнопку вызова трубки (1SB1 на рис. 4) приводит к зарядке конденсатора C1, и генератор работает несколько секунд, пока этот конденсатор разряжается. Так ограничивается продолжительность вызывного сигнала и отпадает необходимость удерживать кнопку вызова какое-то время.

Чертёж платы и схема размещения элементов показаны на **рис. 6**. Применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23, оксидный конденсатор — импортный низкопрофильный, остальные — плёночные малогабаритные или керамические К10-17. Можно применить микросхему К561ЛЕ5. Вид смонтированной платы показан на **рис. 7**.

Акустический излучатель 1HA1 приклеивают к верхней части корпуса базы — там есть несколько продолговатых вентиляционных отверстий. На выводах излучателя монтируют диод 1VD1 и конденсатор 1C2. Кнопку 1SB1 устанавливают также на верхней части корпуса базы (**рис. 8**). Для толкателя кнопки делают отверстие. Акустический излучатель может быть любым со встроенным генератором и напряжением питания 3...12 В. Кнопка — любая с самовозвратом. Внешний вид доработанной платы базы показан на **рис. 9**.

Если связь нужна не между объектами, а например, между базой и пешеходом, осуществляющим обход небольшой территории, большую часть времени трубка может находиться на базе и аккумуляторы будут постоянно заряжены. Тогда никакой доработки трубки не потребуется. Если же она будет постоянно находиться на удалённом объекте, придётся обеспечить её питание и зарядку аккумуляторов. Для этого на трубке можно использовать её штатные контакты или установить малогабаритное гнездо.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Вторая жизнь радиотелефона стандарта DECT. — Радио, 2022, № 4, с. 56—58.

2. Инструкция по эксплуатации Panasonic KX-TCD400RU. — URL: **https://www.manualsdir.ru/manuals/ 645051/panasonic-kx-tcd400ru-kx-tcd400rub-kx-tcd400.html** (26.02.22).

***От редакции**. По адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/05/plata.zip** имеется файл чертежа печатной платы генератора.*

Электронный коммутатор USB-клавиатуры

В. ВОРОНЧИХИН, г. Казань

Набор сообщений, особенно длинных, на смартфоне с помощью символов на сенсорном экране не очень удобен и часто приводит к большому числу ошибок. Процесс может быть существенно упрощён, если при наборе сообщения пользоваться стандартной клавиатурой, подключённой к мобильному телефону. Как подключить и настроить физическую клавиатуру на Андроид-устройствах можно ознакомиться в [1]. Покупать отдельную клавиатуру для смартфона при наличии уже имеющейся в комплекте с домашним компьютером экономически не оправдано, но и перестыковка вручную клавиатуры с компьютера на смартфон тоже неудобна.

Выход может быть найден с помощью предлагаемого электронного коммутатора, который при подключении USB-порта смартфона к устройству автоматически отключает клавиатуру от компьютера и подключает её к смартфону.

Схема коммутатора приведена на **рис. 1**. Питание устройства осуществляется по шинам VCC USB-соединителей XP1, XP2 от подсоединённых к ним смартфона или компьютера. Для исключения взаимного влияния источников питания смартфона и компьютера друг на друга напряжение питания на микросхему DD1 (четыре электронных ключа) подаётся через разделительные диоды VD1, VD2. В цепь питания микросхемы установлен конденсатор C1.

Основой коммутатора является микросхема К561КТ3 популярной КМОП-серии, отличающейся малым потреблением тока в статическом режиме и большим входным сопротивлением по управляющим входам. Микросхема представляет собой сборку четырёх двунаправленных аналоговых ключей с независимыми входами управления. Эта микросхема при повторении может быть без изменения печатной платы заменена функционально аналогичными микросхемами КР1561КТ3 или CD4066B [2].

Устройство работает следующим образом. В исходном состоянии к соединителю XP2 подключён компьютер, к соединителю XS1 — клавиатура. От подсоединённого к соединителю XP2 компьютера через контакт 1 и диод VD2 поступает напряжение питания +5 В, которое питает микросхему DD1. Смартфон к соединителю XP1 не подключён, напряжение на выводе 1 XP1 отсутствует, и транзистор VT1 закрыт. В этом случае напряжение питания через резистор R3 поступает на управляющие входы ключей DD1.2 и DD1.4, которые открываются и обеспечивают обмен сигналами между компьютером и клавиатурой по шинам D–, D+ соединителей XP2, XS1 и позволяют производить набор символов в обычном режиме работы с компьютером.

При подключении смартфона к соединителю XP1 на выводе 1 появится напряжение +5 В, которое обеспечивает питание микросхемы DD1, а за счёт тока через резистор R1 транзистор VT1 открывается, напряжение на его коллекторе уменьшается до уровня логического нуля, электронные ключи DD1.2, DD1.4 закрываются и прерывают каналы связи между компьютером и клавиатурой. Одновременно с контакта 1 соединителя XP1 открывающее напряжение +5 В поступает на управляющие входы ключей DD1.1 и DD1.3. В этом режиме обеспечивается обмен сигналами между смартфоном и подключённой к соединителю XS1 клавиатурой. Это позволяет производить набор символов на экране смартфона непосредственно с внешней клавиатуры. Выключение в этом режиме компьютера не повлияет на работоспособность смартфона с клавиатурой, так как режим работы микросхемы DD1 будет сохранён источником питания смартфона, напряжение которого поступает через диод VD1.

Конструктивно элементы устройства размещены на печатной плате, чертёж которой и схема размещения элементов приведены на **рис. 2**. Она изготов-

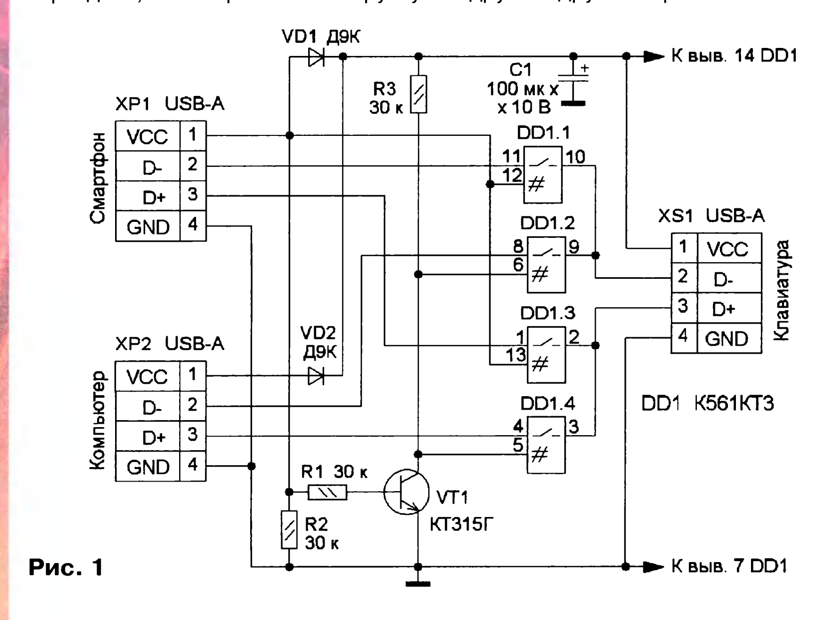


Рис. 1

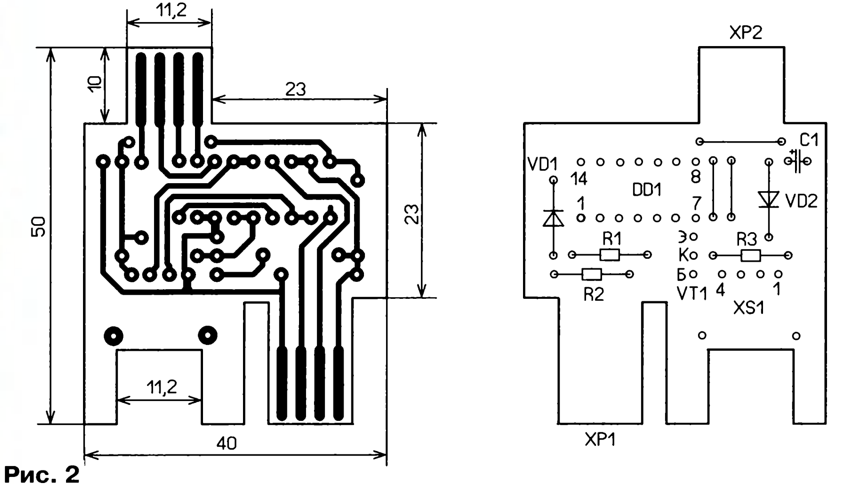


Рис. 2

лена из одностороннего стеклотекстолита толщиной 1 мм. Особенностью этой конструкции являются изготовление контактов USB-вилок XP1, XP2 непосредственно на печатной плате и применение нестандартной розетки XS1, изготовленной из вырезанной части лепесткового соединителя. Но для работы этого устройства это не принципиально, а всего лишь демонстрация радиолюбительской находчивости, и, конечно же, применённые соединители могут быть заменены стандартными.

Применённый транзистор КТ315Г может быть заменён любым маломощным n-p-n транзистором. При замене транзисторов следует обратить внимание на расположение выводов применяемых транзисторов и распаивать их в соответствии с принципиальной схемой. Германиевые диоды серии Д9 могут быть заменены любыми маломощными германиевыми или диодами Шоттки подходящего размера. Применены резисторы С2-33, которые могут быть заменены любыми непроволочными резисторами. Сопротивления этих резисторов некритичны и могут быть в интервале 10...100 кОм. При монтаже платы использованы три перемычки из медной проволоки диаметром 0,5 мм.

Для чёткого позиционирования оформленных на плате вилок XP1, XP2 в ответных розетках толщина платы в контактной зоне увеличена до 2,5 мм за счёт приклеивания клеем "Монолит" слоя стеклотекстолита. Под фиксатор надеваемой розетки после высыхания клея в верхнем наклеенном слое сделано поперечное углубление. Вид смонтированной платы показан на **рис. 3**.

Собранное устройство налаживания не требует. Перед первым включением следует внимательно осмотреть места пайки на отсутствие замыканий и омметром проконтролировать отсутствие короткого замыкания между контактами соединителей. При отсутствии ошибок

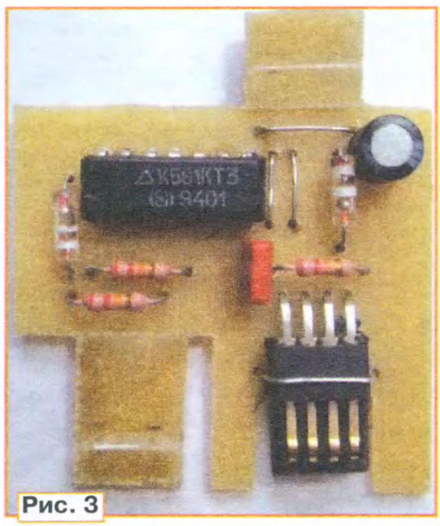


Рис. 3

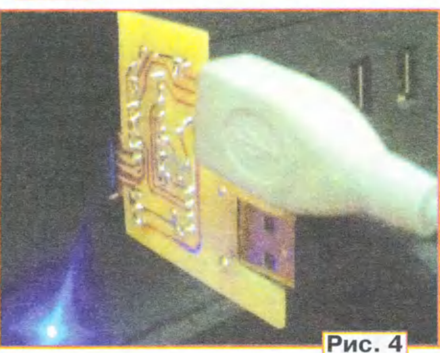


Рис. 4

вилку XP2 устройства следует установить в USB-розетку компьютера, к розетке XS1 подсоединить клавиатуру, к вилке XP1 — розетку кабеля, второй конец которого снабжён USB-соединителем, сочленяемым с соединителем используемого смартфона. Рабочее положение устройства показано на **рис. 4**.

Далее активизируйте компьютер, он должен реагировать на манипуляции с клавиатурой в режиме, аналогичном до установки устройства. Подключите соединитель кабеля с вилки XP1 устройства к смартфону. Убедитесь в том, что компьютер не реагирует на набор с клавиатуры. Активизируйте смартфон в соответствии с рекомендациями в [1]. При верно выполненных операциях при наборе с клавиатуры в режиме WhatsApp в зоне "Сообщение" будут набираться нажимаемые символы. Отсоедините кабель от смартфона и убедитесь, что работоспособность компьютера с клавиатурой восстановлена.

На моём рабочем столе коммутатор подключён к USB-розетке компьютера, расположенной на задней стороне корпуса. Кабель смартфона выведен на поверхность стола и закреплён скотчем. Такая организация рабочего места скрывает проводку рабочих кабелей и позволяет оперативно подключать клавиатуру к смартфону в случае необходимости.

Описанный в этой статье коммутатор может быть использован и с другими USB-устройствами. Проведённые испытания подтвердили его работоспособность также с компьютерной USB-мышкой. Используя два устройства, можно организовать автоматическую коммутацию клавиатуры и мышки между двумя компьютерами с приоритетом одного из них. К сожалению, проведённые эксперименты не подтвердили работоспособность этого коммутатора с принтером LaserJet M1132 MFP, и эта проблема требует своего решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Как подключить и настроить физическую клавиатуру на Андроид устройствах. — URL: **https://usvinternet.ru/podklyuchit-klaviatiru-na-android/** (02.04.22).

2. CD4066B CMOS Quad Bilateral Switch. — URL: **https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4066b.pdf** (02.04.22).

***От редакции**. Чертёж печатной платы находится по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/05/com.zip** на нашем FTP-сервере.*

Компактная походная лампа для автопутешествий

Д. ЗАХАРОВ, г. Оренбург

Безусловными атрибутами путешествия на автомобиле с ночёвкой на природе являются палатка, тёплые вещи и продукты питания, а также осветительные приборы, без них мы чувствуем себя некомфортно. Производители, конечно, откликнулись на спрос и предлагают различные модели походных ламп с питанием как от встроенного аккумулятора, так и от бортовой сети автомобиля.

Но конструкция таких ламп доверия не вселяет. Большинство их выполнены из недорогого пластика и, несомненно, хрупкие. Даже несмотря на то что излучателем света в них являются надёжные светодиоды, походные условия — это далеко не уютный дом. В темноте легко уронить такую лампу или вообще её раздавить. Светить после этого она, может, и будет, но презентабельный внешний вид, увы, потеряет.

При подготовке к одному из загородных путешествий мне на глаза попалась светодиодная матрица мощностью 10 Вт, некоторое время назад купленная в интернет-магазине за символическую сумму. Она идеально подходит в качестве основы будущей лампы. Её номинальное напряжение питания — 10...12 В, именно то, что нужно. Осталось продумать конструкцию самой лампы. Главная сложность — матовый рассеиватель света. Уж очень концентрированно излучала матрица светодиодов, она слепила глаза даже с расстояния нескольких метров.

К счастью, пришла мысль использовать отражатель, работающий как зеркало, который освещает светодиодная

матрица. Изменением положения отражателя можно регулировать ширину и направление излучаемого света. Такая идея применительно к осветительным приборам не нова, похожие уличные фонари с отражателем часто используются для освещения. Огромным плюсом этого технического решения является полное отсутствие необходимости искать подходящий по светопропускной способности материал из пластика.

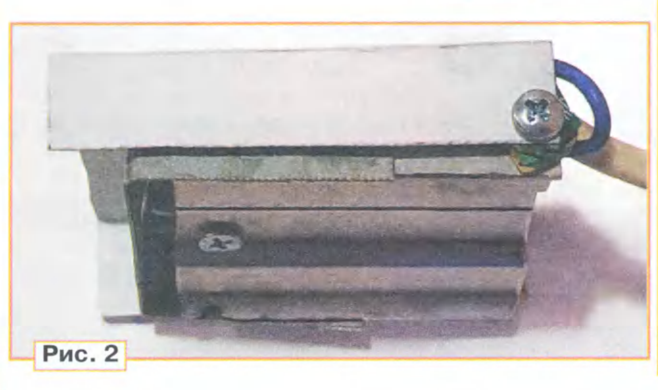
Принцип работы рассеивателя и конструкция лампы показаны на **рис. 1**. Линейный пучок света падает на наклонённую поверхность отражателя-рассеивателя и, отразившись под разными углами, выходит наружу. Меняя угол наклона отражателя, можно (в некоторых пределах) регулировать размер светового пятна. Дополнительным плюсом данного решения является то, что можно осветить лишь нужное пространство, а не всё вокруг. Поэтому при меньшей потребляемой мощности предлагаемая лампа обеспечит лучшее освещение конкретного места, чем лампа с круговым излучением.

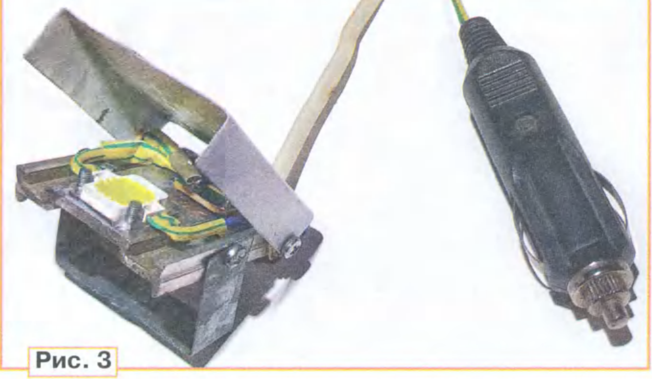
В качестве отражателя-рассеивателя применён прямоугольный отрезок от листа оцинкованного кровельного железа, покрашенного в один тонкий слой белой матовой краской из аэрозольного баллончика. Площадь отражения, кратно большая площади излучения, и матирование поверхности — именно такой тандем дали необходимый мягкий и не слепящий свет. При сборке рассматривался вариант без покраски, но отражательная способность голого металла оказалась довольно высока. Свет хоть и рассеивался, но при прямом взгляде на отражатель глаза слепило, пусть и ощутимо меньше.

Несколько слов об использованных материалах. Основанием лампы является алюминиевый Н-образный профиль толщиной 3 мм и размерами 45×45 мм, ещё потребуются шесть винтов М3 и отрезок листа кровельного железа размерами 55×80 мм. Для крепления лампы использована ещё одна полоса кровельного железа шириной 10 мм и длиной 90 мм, изогнутая в виде буквы П так, чтобы её основание имело длину 45 мм — по ширине алюминиевого профиля. В центре полосы высверлено отверстие диаметром 4 мм. В автомобиле всегда есть отвёртка. И с помощью винта-самореза лампу можно надёжно закрепить на любом шесте из сухой ветки. Благодаря шарнирной конструкции лампу можно наклонять так, как вам потребуется. Внешний вид лампы показан на **рис. 2** и **рис. 3**.



Рис. 1


Рис. 2


Рис. 3

Крепёжные отверстия на подложке светодиодной матрицы были диаметром 2,5 мм. Рекомендуется нарезать в них резьбу М3 и использовать винты, у которых длина будет такой, чтобы они выступали над поверхностью светодиодной матрицы на несколько миллиметров. Светодиод надёжно притянется к теплоотводу — отражателю-рассеивателю, при этом, если вы нечаянно уроните лампу или наступите на неё, выступающие части винтов сыграют роль ограничителей и не дадут отражателю изогнуться вовнутрь. Поэтому светодиодная матрица будет защищена. Если у используемой матрицы толщина подложки будет недостаточной для нарезания резьбы, крепить её к основанию можно с помощью винтов и гаек. Само собой разумеется, что эту лампу теперь можно безбоязненно ронять, поскольку она изготовлена из металла. Умеренные ударные нагрузки ей совершенно не страшны.

Электрическая схема лампы также предельно проста. Тестирование светодиода показало, что уже при напряжении 9,5 В ток через светодиодную матрицу достигает 0,4...0,5 А. Мне показалось это достаточным. Итоговая потребляемая мощность — 4...5 Вт — обеспечит необходимую освещённость (особенно с учётом направленности светового потока).

При напряжении более 10 В ток светодиодной матрицы был 800 мА, световая отдача при этом возросла не столь значительно, зато проявлялся очень сильный нагрев. При решении задачи изготовления драйвера для светодиода можно пойти двумя путями. Собрать стабилизатор напряжения или стабилизатор тока, например, на микросхеме LM317. Более простым решением конкретно для этой задачи лично мне показалась установка стабилизатора напряжения, схема которого показана на **рис. 4**.

В этом случае не надо подбирать резисторы. Достаточно микросхемного стабилизатора на напряжение 9 В, например серии LM7809xx. Его общий вывод (вывод 2) соединён с общим проводом через диод Шоттки или любой кремниевый диод. Это добавит от 0,3 В до 0,7 В к выходному напряжению. Либо можно взять более распространённую микросхему серии LM7805, а вместо диода применить стабилитроны с напряжением стабилизации 4,3...4,7 В (подобрать так, чтобы на выходе микросхемы получилось требуемое напряжение). Учитывая, что матрица светодиодов изначально работает в режиме половинной мощности, небольшое увеличение протекающего тока из-за нагрева полупроводниковых кристаллов светодиодов в любом возможном режиме работы не приведёт к их тепловому пробою.

Плюс такого решения и в том, что требуемая площадь теплоотвода оказывается достаточно малой. Если бы светодиодная матрица рассеивала мощность 10 Вт, о компактности лампы можно было бы забыть. То, как производители экономят на размерах теплоотводов в лампах и заставляют светодиоды работать при температуре на десятки градусов больше рекомендованной, — не лучший пример для радиолюбителей.

Микросхема стабилизатора напряжения закреплена на том же основании—теплоотводе через изолирующую теплопроводящую прокладку и на возможно большем расстоянии от светодиодной матрицы.

Включают лампу в прикуриватель с помощью стандартного автомобильного штекера, имеющегося в широкой продаже. Длина соединяющих проводов — на ваше усмотрение. На этапе проектирования мне показалось достаточным 4 м. Однако позже пришлось всё же нарастить длину проводов до 5...6 м. Можно и ещё её увеличить, но при этом следует помнить, что на проводах падает напряжение, поэтому их сопротивление должно быть малым, и при длине 10 м площадь сечения провода должна быть не менее 3 мм^2.

Не стоит забывать, что автомобильный аккумулятор не следует разряжать до напряжения менее 11 В. Вычитая минимальное падение напряжения на микросхеме стабилизатора 2 В, даже при глубоко разряженной батарее мы всё ещё сможем получить не менее 9 В. От полностью заряженного аккумулятора лампа в состоянии работать непрерывно не менее 100 ч.

Настройка электронной части лампы сводится к установке тока через светодиодную матрицу в интервале 0,4...0,5 А подбором диода с нужным прямым падением напряжения на нём. Напомню, что в моём варианте выбран ток 0,4 А. При таком токе, даже в жаркую погоду, теплоотвод не нагревался до температуры более 65 °С. В полевых условиях при наличии ветра устройство чувствует себя ещё более комфортно.

Объём лампы мал — всего 50 см^3, что сопоставимо с двумя коробками спичек. Такими параметрами может похвастать не каждый промышленный образец. Благодаря предельной простоте

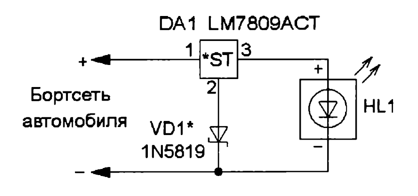


Рис. 4

конструкции и отсутствию необходимости в специальной механической обработке деталей время на её изготовление заняло у меня около двух часов.

Учитывая, что светодиодная матрица и интегральный стабилизатор, как зонтом, закрыты светоотражающей крышкой, никаких дополнительных мер по влагозащите не предпринималось. Конечно, места паек можно залить силиконовым герметиком. Но каков в этом реальный смысл? Напряжение 12 В для человека абсолютно безопасно, корпус лампы полностью изолирован от токоведущих проводников и контактов благодаря применению термоусаживаемых трубок. Заливка компаундами лишь затруднит доступ к деталям в случае ремонта. От короткого замыкания в лампе и соединительных проводах аккумулятор защищает штатный предохранитель, встроенный в автомобильный штекер.

При налаживании лампы, пожалуйста, не смотрите прямо на светодиодную матрицу. Она хоть и не лазер и не травмирует орган зрения, но глазу потребуется от одной до нескольких минут для восстановления чёткости изображения. Поэтому при установке рабочего тока разворачивайте лампу так, чтобы на вас попадало минимум излучаемого света. В полностью готовом виде лампа уже не оказывает такого ослепляющего воздействия.

Лампа проверена в реальных условиях, на которые и проектировалась. Вот уже более полутора лет служит автору верой и правдой.

От редакции. *Для повышения устойчивости работы микросхемы стабилизатора напряжения на его входе надо установить конденсатор ёмкостью 0,33...1 мкФ (серии К73, К10-17).*

Викторина "Arduino: программная часть-10"

С. РЮМИК, г. Чернигов, Украина

Как известно, прогноз погоды от Гидрометцентра составляется для обширных территорий. Но на местном уровне погода может отличаться массой нюансов. Поэтому неудивительно, что люди склонны к приобретению индивидуальных метеостанций. Каждая из них содержит несколько погодных датчиков. Например, термометр (измеритель температуры воздуха), барометр (измеритель атмосферного давления), гигрометр (измеритель относительной влажности воздуха), анемометр (измеритель направления и скорости ветра) и т. д.

В радиолюбительской практике погодные датчики не сложно подключить к микроконтроллерам (МК), а значит, и к платам Arduino различных модификаций. Для связи МК с датчиками используют аналоговые и цифровые интерфейсы. В первом случае информация передаётся в виде постоянного напряжения, пропорционального измеряемому метеорологическому параметру. Во втором случае информация зашифровывается в кодовых посылках лог. 0 и лог. 1, которые передаются через одно-, двух- и многопроводную линию связи.

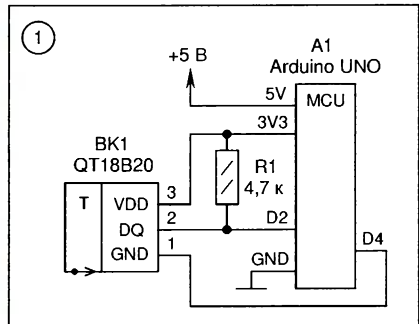
В **таблице** показаны схемы подключения к Arduino различных погодных датчиков (сверху вниз): температуры, наличия дождя, относительной влажности воздуха, уровня ультрафиолетового излучения. Функционал и схемотехника подключения датчиков выбраны такими, чтобы проанализировать малозаметные, на первый взгляд, детали. К каждой схеме справа прилагаются два скетча, на которых проверяется работоспособность. Названия скетчей указаны в нижних строках программ.

Проекты скомпилированы в среде Arduino 1.8.19. Внешние библиотеки функций заимствованы из Интернета по ссылкам: **https://github.com/milesburton/Arduino-Temperature-Control-Library**, **https://github.com/adafruit/Adafruit_SHT31** и **https://github.com/adafruit/Adafruit_VEML6070**.

На каждый вопрос викторины следует выбрать ответ 0 или 1, после чего записать его в ряд слева направо в виде двоичного числа. Если после перевода в десятичный вид получится 692, значит, все ответы правильные.

От редакции. *Скетчи программ и дополнительные файлы находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2022/05/arduino10.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

(1)



Для чего датчик BK1 запитывается от стабилизатора напряжения 3,3 В Arduino?
0 - для снижения саморазогрева датчика;
1 - для повышения точности измерений

(2)

```
1  #include <DallasTemperature.h>
2  OneWire oneWire(2); // Вывод D2
3  DallasTemperature sens(&oneWire);
4  DeviceAddress tempD;
5  void printAddr(DeviceAddress dev) {
6    for (uint8_t i=0; i<8; i++)
7    { if (dev[i] < 16) Serial.print("0");
8      Serial.print(dev[i], HEX); } }
9  void setup() { pinMode(4, OUTPUT);
10   digitalWrite(4, LOW);
11   Serial.begin(9600); sens.begin();
12   if (sens.getAddress(tempD, 0))
13     printAddr(tempD); } // "arduino10_2",
14 void loop() { } // длина кода 3440 байт
```

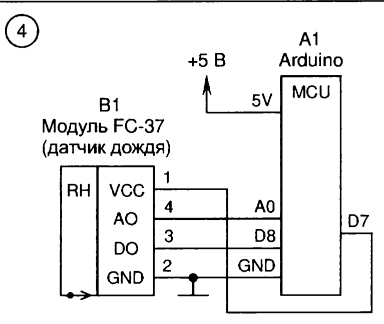
Как определить, что датчик BK1 — QT18B20?
0 - по первым цифрам кода ПЗУ в строке 13;
1 - по последним цифрам кода ПЗУ в строке 13

(3)

```
1  // Цикл вкл. и выкл. датчика BK1
2  unsigned long timer; // Счётчик
3  void setup() { pinMode(13, OUTPUT);
4    pinMode(4, OUTPUT); } // D4=лог. 1
5  void loop() { digitalWrite(4, 0);
6    if (millis() - timer > 100) {
7      digitalWrite(13, 0); // Выкл. "L"
8  delay(750); // Имитатор измер. t [oC]
9      timer = millis(); // Текущее время
10     digitalWrite(13, 1); // Вкл. "L"
11     digitalWrite(4, 1); // Выкл. датчик
12     while (millis() - timer < 10000);
13     timer = millis(); } // Текущее время
14 } // Файл "arduino10_3.ino", 1122 байт
```

С каким периодом мигает светодиод "L" Arduino?
0 - примерно 10,75 с;
1 - примерно 10,85 с

(4)



Можно ли аналоговым сигналом AO сымитировать цифровой сигнал DO для порогового определения наличия дождя?
0 - можно;
1 - нельзя

(5)

```
1  // "Аналоговый" датчик дождя
2  int hum; // Относительная влажность
3  int rain = 400; // Порог дождя
4  void setup() { Serial.begin(9600);
5    pinMode(7, OUTPUT); } // Питание
6  void loop() {
7    digitalWrite(7, HIGH); // Вкл. датчик
8    delay(10); // Стабилизация питания
9    hum = analogRead(A0); // Чтение
10   if (hum < rain) Serial.print("Rain! ");
11   Serial.println(hum); // Печать
12   digitalWrite(7, LOW); // Выкл. датчик
13   delay(2000); // Пауза 2 с
14 } // Файл "arduino10_5.ino", 2278 байт
```

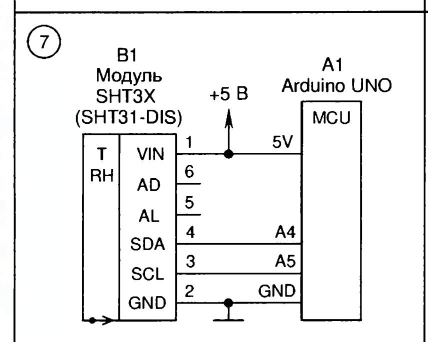
В каком интервале изменяется переменная "hum" в строке 9 при чтении АЦП по входу A0?
0 - от 0 до 1023;
1 - от 0 до 1000—1005

(6)

```
1  // "Цифровой" датчик дождя
2  void setup() {
3    pinMode(7, OUTPUT); // Питание
4    Serial.begin(9600); // 9600 бод
5  }
6  void loop() {
7    digitalWrite(7, HIGH); // Вкл. датчик
8    delay(10); // Стабилизация питания
9    int val = digitalRead(8); // Чтение
10   digitalWrite(7, LOW); // Выкл. датчик
11   if(val) Serial.println("No rain"); // Сухо
12   else Serial.println("Rain!"); // Дождь
13   delay(2000); // Пауза 2 с
14 } // Файл "arduino10_6.ino", 2112 байт
```

Можно ли включать и выключать датчик B1 уровнями с линии A0, настроенной на выход?
0 - можно, изменив строки 7, 10;
1 - нельзя из-за конфликта уровней

(7)



Чем лучше заменить датчик температуры и влажности SHT31-DIS в модуле B1?
0 - датчиком SHT30-DIS;
1 - датчиком SHT35-DIS

(8)

```
1  // Сканер адресов на шине I2C
2  #include <Wire.h> // Библиотека I2C
3  void setup() {
4    Wire.begin(); // Инициализация
5    Serial.begin(9600); // 9600 бод
6  }
7  void loop() { // Перебор адресов I2C
8    for(byte adr = 1; adr < 127; adr++) {
9      Wire.beginTransmission(adr);
10     if (Wire.endTransmission() == 0) {
11       Serial.println(adr, HEX); }
12   }
13   delay(4000); // Пауза 4 с
14 } // Файл "arduino10_8.ino", 3648 байт
```

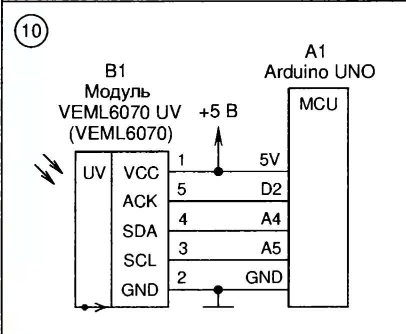
Что будет, если во время работы Arduino закоротить в модуле B1 выводы AD и VIN?
0 - ничего не произойдёт;
1 - показания в строке 11 изменятся

(9)

```
1  // Температура и влажность SHT31
2  #include <Wire.h>
3  #include "Adafruit_SHT31.h"
4  Adafruit_SHT31 sht=Adafruit_SHT31();
5  void setup() {
6    Serial.begin(9600); // 9600 бод
7    sht.begin(0x44); } // Адрес I2C 0x44
8  void loop() {
9    float t = sht.readTemperature();
10   float h = sht.readHumidity();
11   Serial.print("t="); Serial.println(t);
12   Serial.print("h="); Serial.println(h);
13   Serial.println(); delay(2000);
14 } // Файл "arduino10_9.ino", 7482 байт
```

Какие числа температуры и влажности относятся к зоне комфорта в тёплое время в помещениях?
0 - строка 11=24, строка 12=42;
1 - строка 11=29, строка 12=32

(10)



Обязательно ли использовать сигнал ACK для получения данных об УФ-излучении?
0 - обязательно;
1 - не обязательно

(11)

```
1  // Измерение УФ-излучения
2  #include <Wire.h> // Библиотека I2C
3  #include "Adafruit_VEML6070.h"
4  Adafruit_VEML6070
5       uv = Adafruit_VEML6070();
6  void setup() {
7    Serial.begin(9600); // 9600 бод
8    uv.begin(VEML6070_1_T); // 125 мс
9  }
10 void loop() {
11   Serial.print("UV light: ");
12   Serial.println(uv.readUV());
13   delay(1000); // Пауза 1 с
14 } //Файл "arduino10_11.ino", 4352 байт
```

Какому индексу ультрафиолета соответствует число 100 при печати в строке 12?
0 - от 0 до 2;
1 - от 3 до 5

(12)

```
1  // Порог УФ-излучения (сигнал ACK)
2  #include <Adafruit_VEML6070.h>
3  #define ACK_PIN (2) // Вывод D2
4  Adafruit_VEML6070
5       uv = Adafruit_VEML6070();
6  void setup() {
7    Serial.begin(9600); // 9600 бод
8    uv.begin(VEML6070_4_T); // 500 мс
9    uv.setInterrupt(true,0); // Вкл. прерыв.
10   while(digitalRead(ACK_PIN)) {
11     Serial.print("UV light: ");
12     Serial.println(uv.readUV()); } }
13 void loop() { } // Зацикливание
14 //Файл "arduino10_12.ino", 4498 байт
```

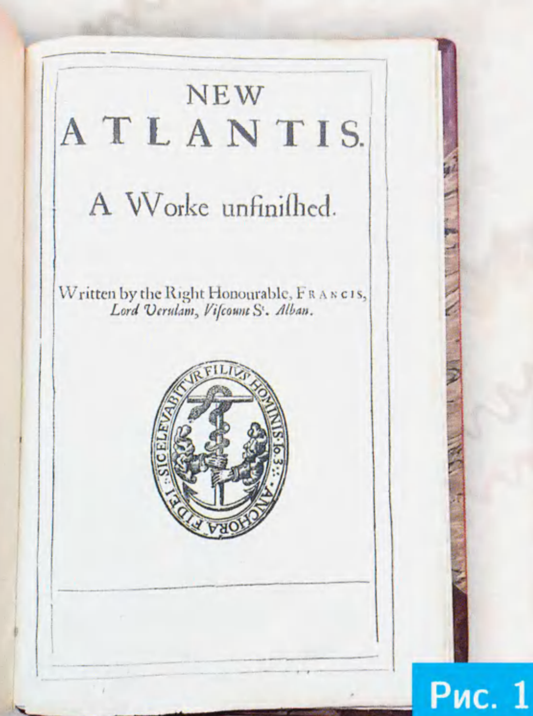
При каком пороге УФ-излучения произойдёт зацикливание программы в строке 13?
0 - больше 102 в строке 12;
1 - больше 145 в строке 12

От "домов звука" до фонографа

Часть 1.

Э. ЭЛИНС, г. Москва

(см. статью на с. 33)



NEW
ATLANTIS.

A Worke unfiniſhed.

Written by the Right Honourable, FRANCIS,
Lord Verulam, Viſcount St. Alban.

Рис. 1

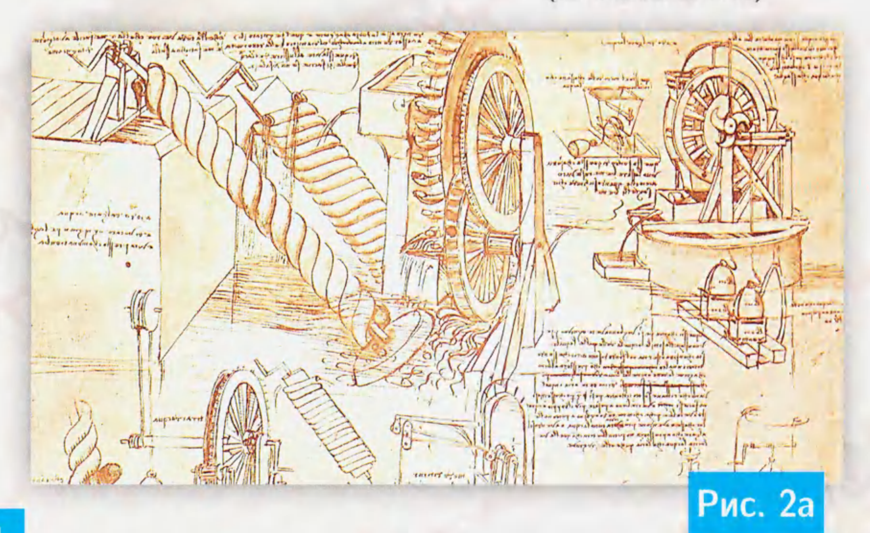


Рис. 2а

Рис. 2б

Рис. 3



**Получатель АНО "Редакция журнала "Радио"
ИНН 7708187140, р/с 40703810538090108833
в ПАО Сбербанк г. Москва, КПП 770801001,
К/с 30101810400000000225, БИК 044525225**

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 3000 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 4500 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 3600 руб., для юридических лиц из стран зарубежья — 5040 руб.

НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛЫ НЕ ВЫСЫЛАЕТ!

Цена одного номера журнала в 2022 г. (с 1-го по 12-й номер) при покупке в редакции по БЕЗНАЛИЧНОЙ оплате — 430 руб.

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2021	11—12	395 руб.	490 руб.	800 руб.
2022	1—12	430 руб.	530 руб.	840 руб.

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги, и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. При переводе денег почтовым переводом может понадобиться почтовый индекс банка 101000. НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛЫ НЕ ВЫСЫЛАЕТ!

Подписные индексы журнала по каталогам: Официальный каталог Почты России П4014; КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032









В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ

Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2022 год, а также на 2012—2021 годы. Цена не изменилась: 12 месяцев — 600 рублей!*

На сайте http://el.radio.ru Вы можете узнать, как подписаться и скачать бесплатный журнал № 7 за 2011 год, в качестве примера.

* 600 рублей – стоимость подписки, которая может увеличиться за счёт стоимости услуг банка или платёжных систем, которую они взимают за оказание услуги перевода денег.

